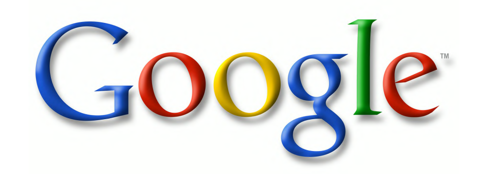


pour obtenir une décharge à chaque courant induit il ne su
pas toujours de donner au courant une grande intensité, m
il faut augmenter l'excitabilité de l'animal en le plonge
pendant quelques instants dans de l'eau de mer légèreme
strychnisée (1). C'est dans ces conditions qu'a été obtenue
figure 8 ; après de fortes décharges, l'animal, sensibleme
fatigué, ne donne plus que des décharges brèves composé
d'un petit nombre de flux : il y en a 4 dans chacune des d
charges de la figure 8. Si l'expérience se prolonge, l'anim

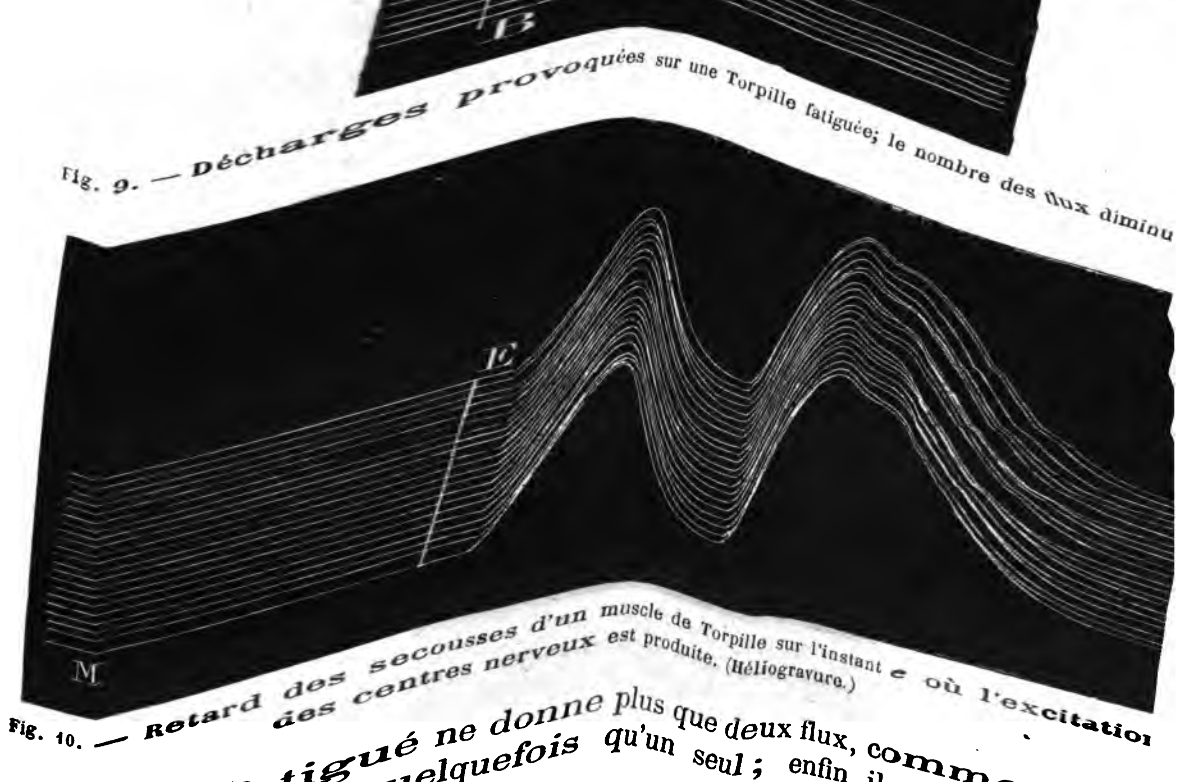


Fig. 9. — Décharges provoquées sur une Torpille fatiguée; le nombre des flux diminu

Fig. 10. — Retard des secousses d'un muscle de Torpille sur l'instant e où l'excitation des centres nerveux est produite. (Héliogravure.)

encore plus fatigué ne donne plus que deux flux, comme dans la figure 9, et quelquefois qu'un seul ; enfin il ne réagit

(1) Cette insensibilité des poissons électriques aux influences de l'électricité déjà signalée par Du Bois-Raymon pour le Silure, vient d'être également établie sur la Torpille par le Dr Steiner.

encore et fourniraient peut-être un réactif précieux des cou
rants faibles et fréquents. Mais si l'emploi de la Grenouille
signal ne permet pas d'estimer le nombre de courants qui o
agi sur son nerf à courts intervalles, on peut cependant soup
çonner que les excitations ont été multiples quand la duré
du mouvement inscrit par la patte de Grenouille excède cell
d'une secousse simple. Ainsi, en faisant agir sur une patte d
Grenouille des décharges de Torpille, dont l'une était réduit
à un seul flux électrique tandis que les autres en présentaie
2, 3, 4, etc., on obtenait, comme signaux, des secousses d
plus en plus longues, ou plutôt de petits tétanos dont la duré
croissait avec le nombre des courants successifs qui compo-
saient la décharge.

Pour rendre le phénomène bien sensible, il faut *dérive*
dans le nerf de la Grenouille une faible partie du flux qu
agit sur le signal électro-magnétique. De cette façon ces deu
ordres de signaux s'inscrivent à la fois. La figure 11 montr

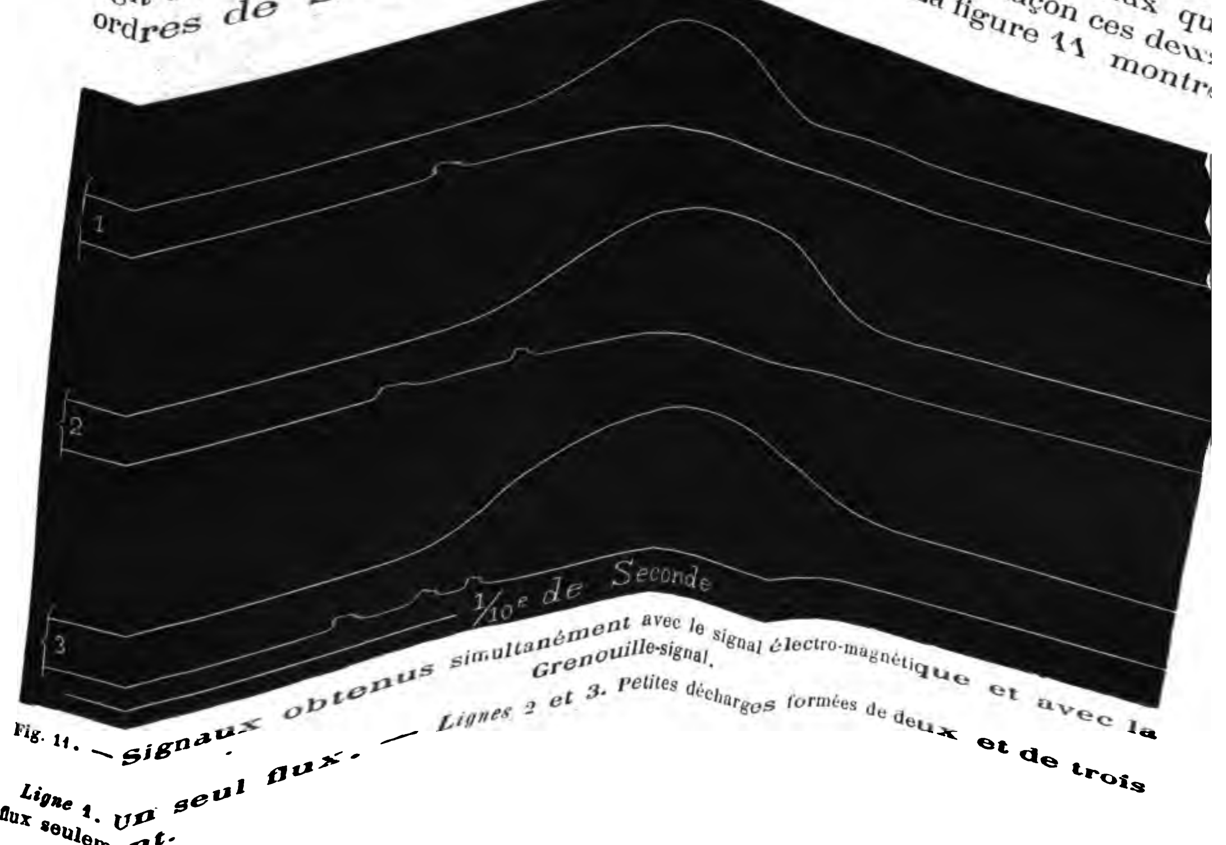


Fig. 11. — Signaux obtenus simultanément avec le signal électro-magnétique et avec la Grenouille-signal.

Ligne 1. Un seul flux. — Lignes 2 et 3. Petites décharges formées de deux et de trois flux seulement.

qui fusionne les effets d'excitations successives. Le tracé
signal nous montre qu'après quatre flux assez rapprochés
uns des autres, il y a eu une interruption de la décharg
c'est à peine si le muscle de Grenouille traduit par un
flexion de la courbe de son tétanos l'interruption qui
produite dans l'excitation de son nerf.

D'autre part, le tracé fourni par le muscle de Gren
nous montre que ce muscle réagit à des excitations in
bles d'actionner le signal électro-magnétique. On vo
gne 2, par la durée du tétanos, que la décharge s'est
longée beaucoup plus qu'on ne l'eût pu supposer d'ap
tracé de la ligne 1.

D'autres fois, en inscrivant par ces deux méthod
même temps, on constate des secousses isolées de la
de Grenouille, tandis que le signal électro-magnétiq
resté immobile, n'ayant pas trouvé un flux électrique
intense pour le faire agir.

Ainsi, chacun de ces deux signaux présente ses ava
et ses inconvénients, et l'on peut dire qu'ils se com
l'un par l'autre, chacun d'eux ayant des qualités
culières.

La patte de Grenouille, le plus sensible des réactifs
lectricité, inscrit des courants qui échappent au signal
magnétique, mais elle est incapable de traduire une
flux qui se suivent à de courts intervalles. Le sig
Deprez comble cette lacune, toutes les fois que les c
qui le traversent ont assez d'intensité pour le fair

Indépendamment de la complexité des décharges de
pille, peut-on saisir dans les tracés du signal quelque
tère des courants qui le mettent en mouvement? C'e
nouveau point que nous allons examiner.



l'instrument au moyen de la vis. Mais cette égalité de l'am-plitude des différents signaux n'implique ni l'égalité des flu… de deux décharges différentes, ni même celle des flux d'u… même décharge.

D'une manière générale, ou bien le signal reste muet … le courant qui agit sur lui est trop faible, ou bien il donn… son excursion complète du moment où le courant a une in-tensité suffisante pour vaincre la résistance du ressort anta-goniste. Il arrive cependant quelquefois que le style n'exécu… qu'un mouvement partiel ; ce mouvement est alors très-bre… Cela s'observe quand on lance à travers le signal des flu… électriques de forte tension, mais de très-courte durée, de… courants induits par exemple, ou les extra-courants d'un… bobine.

Dans ces circonstances, la quantité d'électricité qui pass… ne suffit pas à accomplir le travail nécessaire pour attire… l'armature, malgré la résistance du ressort pendant tout l… parcours qui sépare les deux points extrêmes de son ex-cursion.

La figure 13 montre des signaux obtenus par des courant… de pile et des extra-courants.

Fig. 13. — Manière dont le signal électro-magnétique traduit des courants électriques d… diverses natures.

Ligne 1. Un courant de pile (5 éléments Grenet, modèle moyen) est fermé pendant environ 1/60 de seconde ; cette clô-ture se produit deux fois sur la longueur du tracé. On voi… que le style s'élève d'un mouvement accéléré à une hauteu… d'environ $1^{mm}1/2$; il reste à cette hauteur pendant la durée du passage du courant et retombe, par la traction du ressort, au moment où le courant cesse ; à cet instant, l'armature et le style rebondissent légèrement contre la tete de la vis.

niment rapide, en sorte que la ligne a, figure 14, express
de l'attraction magnétique, se traduira par une ascens
tout à fait verticale ; admettons, d'autre part, qu'au mor
où le courant cesse, l'action du ressort soit infiniment gra
elle abaissera la courbe par une autre ligne verticale
pression de l'instantanéité. Or, dans la réalité, les chos
se passent point ainsi. L'attraction magnétique étant
dans son intensité, imprime au style un mouvemen
certaine durée b (fig. 14) qui exprime que l'armat
animée d'un mouvement accéléré.

Fig. 14. — a tracé imaginaire d'un courant infiniment intense. — b tracé réel élément Bunsen.

Quand le courant cesse, la chute met un certa
s'accomplir, ce qui tient à ce que la force du re
née, et parfois à ce qu'elle est neutralisée en
certain degré de magnétisme rémanent. En au
tensité du courant qui traverse l'appareil, o
aussi la brusquerie du soulèvement du style
en tendant de plus en plus le ressort antag
lérera le mouvement d'abaissement du tracé
on se rapprochera sans l'atteindre de la for
sentée en a dans la figure 14.



Fig. 15. — Flux de Torpille de moins en moins intenses de moins brusque de leur phase d'a

Si, d'un moment à l'autre d'une d
voit varier la brusquerie des signau
droit de conclure à un accroissement

suivant les phases d'accroissement e
variable, le retard du début et l'antic
se produisent à des degrés variés, d
du signal ne soit que 1/2, 1/4 ou
courant variable qui a traversé l'app
On peut même concevoir qu'un co
des renforcements périodiques four
raient croire à une série de coura
n'était prévenu de cette cause d'err
struction de l'appareil. Inversement
diques d'un courant disparaissent si
restent suffisants pour maintenir l'a
montant la force élastique du ressort
Quand nous passerons en revue
présentent les signaux de la décharg
verrons que ces formes diverses
qu'en admettant que les flux successi
éminemment variables dans leurs pha
et que dans certains cas la décharge
courant continu à renforcements inter

Modification du signal électro-mag
DYNAMOGRAPHE.

En présence des causes d'erreur in
signal de Deprès, j'ai pensé qu'on p
appareil plus approprié aux besoins
riences sur l'électricité de la Torpille.
cursion du style entre deux obstacles a
à lui donner une excursion variable et
tensité des courants qui agissent sur l'a
En attendant que je puisse faire con
d'une manière convenable, j'ai essayé
malgré son imperfection, réalise une
voulues.

Il s'agit d'interposer entre l'armature
corps compressible, à résistance rapide
Un fil de caoutchouc réfléchi sur de
s'étend horizontalement entre les fers

toujours repoussé par l'armature, aura pris la courbure des pièces qui l'étreignent, il opposera à une nouvelle descente de l'armature la résistance qu'un fil de caoutchouc tendu présente à l'écrasement : résistance qui croît elle-même en raison de la déformation déjà obtenue.

La figure 17 est tracée au moyen de l'instrument ainsi modifié ; une décharge prolongée de Torpille a été provoquée par la piqûre du lobe électrique du cerveau. D'un bout à l'autre de cette décharge, la décroissance d'amplitude est considérable : environ de 1 à 10.

L'électro-dynamographe avec sa disposition actuelle ne doit pas fournir un tracé bien fidèle des phases de chacun des flux, de leur durée et de leur forme (1) ; il promet toutefois, dans certains cas, de constater de frappantes analogies entre la forme d'un flux électrique et celle d'une secousse musculaire.

(1) Dans la disposition actuelle, c'est-à-dire avec l'armature comprise entre deux ressorts élastiques, il y a grand danger de vibrations quand les flux sont brefs et intenses. On diminuera ce danger en rendant les masses animées de mouvements aussi petites que possible et surtout en réduisant à une très-faible amplitude le mouvement de ces masses. Les tracés obtenus pourront, avec avantage, être amplifiés ensuite par les procédés optiques.

laire à un phénomène qui en réalité consiste en une série de suppressions et de retours de ce courant. Le galvanomètre traduit cette intermittence du courant musculaire par une position immobile de son aiguille. Celle-ci se fixe en un point qui exprimerait l'existence d'un courant continu dont l'intensité serait moyenne entre les intensités extrêmes qui ont existé réellement.

Qu'on place un galvanomètre sur le trajet du fil d'une bobine induite, tandis qu'on provoque des clôtures et des ruptures du courant inducteur ; si ces clôtures sont très-lentes, le galvanomètre sera énergiquement dévié dans deux directions opposées indiquant, par ses oscillations alternatives, l'existence de courants induits alternatifs de sens opposés. Mais qu'on accélère la rhythme des clôtures et ruptures du courant inducteur, on verra l'aiguille se tenir immobile à zéro comme si aucun courant ne traversait l'appareil.

Cette illusion produite par l'inertie de l'aiguille aimantée peut avoir encore une autre forme : que deux courants opposés l'un à l'autre, mais d'inténsités inégales, soient lancés à court intervalle dans le galvanomètre, l'instrument n'obéira qu'au plus fort et se déviera dans le sens de ce courant comme si celui-ci avait pour intensité la différence entre les deux flux de sens inverse.

Puisque les flux de la Torpille sont multiples et se suivent à très-courts intervalles, on ne saurait donc avoir de certitude absolue, mais seulement des présomptions relativement au sens dans lequel ils cheminent tant qu'on n'aura employé que le galvanomètre pour étudier ces courants.

L'électromètre de Lippmann jouit d'une très-grande mobilité ; de sorte que, soumis à des courants qui changent rapidement de sens, il permet, d'après les mouvements de la colonne de mercure, de constater le sens et l'intensité relative de ces courants alternatifs.

Soit, figure 18, l'aspect que présente dans le champ du microscope la colonne de l'électromètre quand cet instrument est à zéro, c'est-à-dire lorsqu'il n'est soumis à aucune influence électrique et que l'extrémité de sa colonne est en face du fil du réticule.

Si l'on met le pôle positif d'une pile en rapport avec la co-

sens de ces deux sortes de courants induits, mais aussi, d'une manière approximative, leurs différences d'intensité et de durée (1). Si les courants induits se succédaient plus rapidement, ils se traduiraient d'une manière moins nette : car, si faible qu'elle soit, l'inertie de la colonne de mercure suffirait à rendre les oscillations lentes ; en outre, la photographie ne serait peut-être plus assez instantanée pour dissocier ces mouvements, qui exigeraient une translation plus rapide de la plaque sensibilisée.

Mais, à défaut d'épreuves photographiques, on peut, à la seule inspection de la colonne de mercure de l'instrument, recueillir de précieux renseignements sur la variation, même très-rapide, d'un phénomène électrique. Ainsi, la variation négative d'un muscle en tétanos se traduit par un aspect particulier de la colonne capillaire : l'extrémité en est moins brillante et offre cet aspect vague de la branche d'un diapason qui vibre. C'est en effet la vibration rapide de la colonne capillaire qui lui donne son aspect vague et la voile d'une sorte de pénombre.

Si l'on envoie dans l'électromètre, non pas le flux tout entier d'une Torpille, ce qui le briserait à coup sûr, mais une faible dérivation de ce flux, on voit se produire, à chaque excitation du bout périphérique d'un nerf électrique coupé, une oscillation de la colonne. Cette oscillation est unique et le sens de sa marche est, ainsi que Matteucci l'avait indiqué, du dos au ventre de l'animal. Mais j'ai cherché vainement jusqu'ici les décharges renversées dont le galvanomètre a montré l'existence au savant italien, et qui se produiraient quand on frappe sur les lobes électriques d'une Torpille épuisée.

Si l'on prend une Torpille intacte, et si, à l'aide de pincements, ou bien par des chocs sur les yeux ou les évents, on provoque une décharge volontaire, la colonne subit une série d'impulsions successives dont les effets s'ajoutent, de sorte que bientôt elle sort du champ de l'instrument. Cette progression par saccades successives annonce un accroissement saccadé de l'intensité de la décharge, accroissement dans lequel

(1) L'électromètre ne traduit pas fidèlement la phase de décroissance des courants induits, qu'il prolonge au delà de sa durée réelle.

A côté de ces expériences qui montrent que chaq
électrique de la Torpille a une durée appréciable et des
analogues à celles de la secousse d'un muscle, nous
apporter des preuves d'un autre ordre : elles seront
des caractères singuliers que présentent les courants i
dans une bobine métallique sous l'influence d'une déc
de Torpille ; ces caractères ne peuvent s'expliquer que s
admet que chaque flux présente une phase d'accroisse
brusque et une phase de décroissance très-lente.

---

mouvements et fournissent deux tracés absolumen tiques.

On peut donc juger de ce que fait un des appareils Torpille d'après ce que fait l'autre, et, si l'on inscrit a signal la décharge de l'un des appareils, tandis que le s signal inscrira les courants induits par la décharge de l'a on pourra comparer dans les tracés les flux inducteurs induits, au point de vue du nombre, de la forme et des ports de succession. Or, on constate tout d'abord que *le no des signaux induits est égal à celui des signaux inducteurs.* figure 23 montre un de ces doubles tracés.

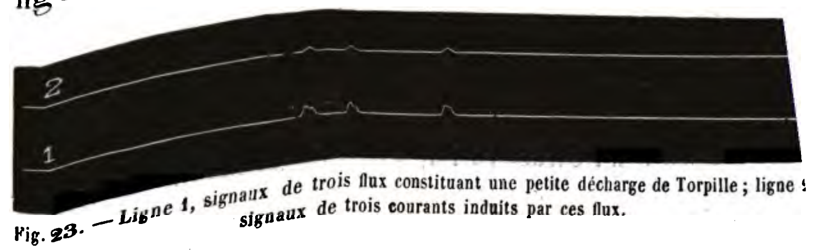


Fig. 23. — Ligne 1, signaux de trois flux constituant une petite décharge de Torpille ; ligne 2 signaux de trois courants induits par ces flux.

Si nous envoyons dans le signal les extra-courants d'une décharge de Torpille, nous aurons la figure 24. Dans ces deux figures, on remarquera que les courants induits, aussi bien que les extra-courants, sont de même nombre que les flux de la décharge. Ainsi, au lieu des deux induits que le courant



Fig. 24. — Ligne 2, série des flux d'une décharge de Torpille ; ligne 1, extra-courants.

d'une pile engendre, l'un au moment où il commence, l'autre au moment où il finit, chaque flux de la Torpille n'a produit qu'un courant induit.

Mais dans le cas où l'on prend pour inducteur le courant d'une pile, on sait que l'induit de clôture a peu d'intensité, il en est de même pour l'extra-courant de clôture ; il serait donc possible que deux courants induits se produisissent, et que

Deux moyens se présentent pour vérifier cette hypothèse : l'emploi du galvanomètre et celui de l'électromètre.

Le galvanomètre qui, à cause de son inertie, ne se dévierait pas sous l'action instantanée d'un circuit voltaïque, cède à l'action d'une série de ces courants. Il en est de même pour ceux qu'induit la Torpille. Si l'on provoque une longue décharge, en piquant les centres nerveux de l'animal au niveau du quatrième ventricule, et si l'on envoie dans un galvanomètre les courants induits par cette décharge, on voit l'aiguille se dévier dans le sens qui correspond à des courants *inverses*. Ces courants étaient donc analogues à ceux qu'on obtient au début d'un flux inducteur, à moins que la déviation du galvanomètre n'ait été la résultante d'une série de flux alternatifs avec prédominance de l'intensité des courants induits inverses.

Pour lever ce dernier doute j'ai recouru à l'emploi de l'électromètre, dont les indications sont seules valables quand on a affaire à des courants de sens différents, se succédant à de trop courts intervalles pour que l'aiguille du galvanomètre puisse obéir à chacun d'eux.

Afin de bien montrer la supériorité des indications de l'électromètre en pareil cas, soumettons-le, ainsi qu'un galvanomètre, à des courants induits de sens alternatifs, se succédant avec rapidité. L'aiguille du galvanomètre restera parfaitement fixée sur le zéro comme si aucun courant ne traversait l'appareil. La colonne de l'électromètre exécutera

Fig. 25. — Aspect de la colonne de mercure d'un électromètre capillaire soumis à l'action de courants induits alternatifs, se succédant à courts intervalles.

au contraire des oscillations alternatives de chaque côté du zéro, figure 25. Ces oscillations, dont l'amplitude se mesure

induit est de sens inverse du courant inducteur, rapproche les induits de la Torpille des courants qu'on obtient en fermant un circuit voltaïque. Pour être plus correct, comme le circuit dans lequel la Torpille est comprise reste toujours fermé, nous dirons que les induits se produisent au début de chacun des flux de l'animal. Ainsi la Torpille provoque à chacun de ses flux un courant induit initial et ne donne pas de courant induit terminal (1). Ce nouveau résultat vient confirmer ce que nous disions plus haut de la forme des flux électriques lorsque nous les assimilions aux secousses *musculaires* qui, elles aussi, commencent avec brusquerie et finissent parfois avec une lenteur extrême. Aux preuves tirées de la méthode graphique et de l'emploi de l'électromètre s'ajoute, à titre de surcroît, celles qui résultent de la nature des courants induits par la Torpille. Nous sommes désormais en mesure de comprendre l'addition et la fusion des flux d'une décharge et de poursuivre la comparaison des phénomènes électriques et musculaires.

(1) Dans les premiers essais que j'ai faits sur l'emploi de l'électrometre de Lippmann, j'ai obtenu des résultats très-incohérents ; tantôt la décharge de Torpille donnait lieu à une variation négative, et tantôt elle produisait une variation positive. Je m'aperçus bientôt que la variation positive était due à des courants trop forts, qu'elle s'accompagnait toujours de rupture de la colonne de mercure, d'interposition de bulles gazeuses. En somme, l'allongement de la colonne de mercure qui semblait indiquer un courant induit direct était permanent et tenait à la segmentation qui augmentait la longueur de cette colonne. Mais toutes les fois que le courant induit était rendu plus faible, par l'éloignement de la bobine induite par rapport à l'inductrice, l'électromètre n'éprouvait que des variations négatives.

qu'il circulera toujours dans le fil
rant qui contiendra une partie de
successifs.

Si la fréquence des flux était dou
y aurait coïncidence d'un nombre d
deux fois plus grand, c'est-à-dire d
Enfin, si la durée des flux est variab
que je n'ai pas pu constater, plus les
seront longs, plus grand sera le nom
de ceux qui s'ajouteront les uns aux
tres, à fréquence égale de leur succ
sion.

Cette théorie est précisément celle q
s'applique à l'addition des secouss
musculaires dans le tétanos. Si nous dis
posions d'un appareil qui inscrivît fidè
lement les phases variables de l'intensité de la décharge électrique d'une Torpille, nul doute que nous n'obtinsions des tracés sur lesquels on pourrait suivre, d'après l'ascension saccadée de la courbe sinueuse, la formation de la décharge et l'addition graduelle des flux. En attendant, nous pouvons nous contenter des tracés du signal ordinaire ; en les examinant avec attention, nous verrons que l'addition des flux successifs s'y montre évidente.

On a vu que, d'après la construction de l'appareil, les courants à phases variables ne produisent l'attraction que pendant le temps où leur intensité est suffisante pour vaincre l'élasticité du ressort. Plus ces courants prendront d'intensité, plus longue sera la période pendant laquelle se produira l'attraction magnétique ; de sorte que l'addition de flux successifs, donnant au courant résultant une intensité plus grande, il se

Fig. 28. — Décharge commençant avec la ligne 1 et finissant avec la ligne 2 ; la durée de l'attraction magnétique (sommets des courbes) va toujours en croissant.

d'inégale sensibilité, c'est-à-dire dont l'un aurait un très-tendu, l'autre un ressort très-lâche. Le plus sens deux appareils, celui dont le ressort serait le moins ten nerait les signaux les plus longs.

C'est ce qui se passe dans la figure 28 où l'accrois de durée des signaux n'exprime qu'un accroissement d sité des flux.



Fig. 29. — Influence de l'étendue des plaques collectrices sur l'intensité du flux et la apparente des signaux.

Cette conclusion est encore appuyée par l'observation su vante. A mesure que, dans la courbe tracée, les maxima au mentent de durée, on observe une diminution correspondan des minima. Or, comme la succession des flux conserve sen siblement son rhythme, il est clair que, l'intensité du couran augmentant, la durée des périodes d'aimantation ne pourra croître qu'aux dépens de celle de désaimantation. Il arrive un moment (à la fin de la figure 28) où, l'intensité du courant étant suffisante, même à ses minima, pour produire l'attraction magnétique, cette attraction reste permanente.

Ainsi le raisonnement complète les données insuffisantes fournies par le signal électro-magnétique et permet de comprendre ce qui se passe en dehors du champ borné de ses indications.

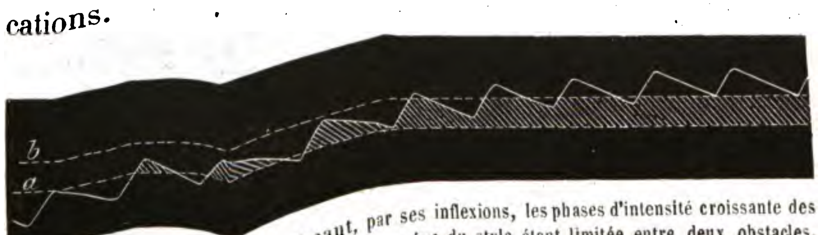


Fig. 30. — Courbe idéale exprimant, par ses inflexions, les phases d'intensité croissante des flux additionnés d'une décharge. L'excursion du style étant limitée entre deux obstacles, il n'y aura d'inscrit que ce qui correspond à l'intervalle des lignes *a* et *b*. Cette partie, teintée par des hachures, rappelle l'aspect général de la figure 28.

La figure 30 fera comprendre plus clairement la manière

...tée figure 31, avec ses sinuosités graduellemen... dantes jusqu'à ce que survienne le régime régulier ... nomène. Or, imaginons qu'au lieu d'être libre d... excursion, le myographe ne puisse se mouvoir qu'ent... obstacles de façon à n'inscrire ses tracés qu'entre les parallèles *a* et *b*.

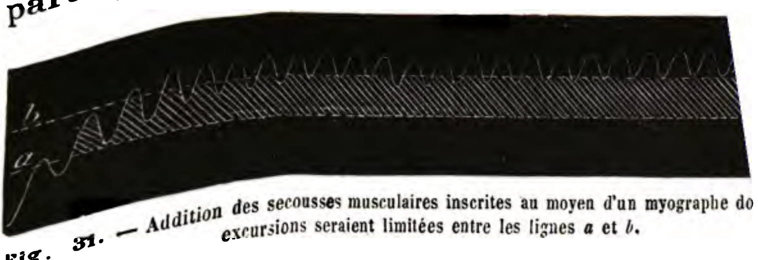


Fig. 31. — Addition des secousses musculaires inscrites au moyen d'un myographe do... excursions seraient limitées entre les lignes *a* et *b*.

Au lieu de la courbe complète, l'instrument ne tracera p... que la partie teintée de hachures comprise entre les limi... extrêmes de ses excursions. On y verra, en apparence, u... accroissement de la durée des périodes de raccourcisseme... du muscle par rapport à celles de relâchement, mais ce n... sera qu'une apparence, et l'intensité des raccourcissement... musculaires aura seule varié en réalité.

Une fois qu'on est familiarisé avec cette manière d'interpréter les courbes du signal électro-magnétique, on voit presque toujours que le phénomène d'addition des flux se



Fig. 32. — Trois décharges de Torpille au début desquelles s'observe l'addition des flux.

produit quoiqu'à des degrés divers. Ainsi, dans la figure 32, trois décharges ont été inscrites; sur chacune d'elles on remarque une moindre hauteur du premier signal, ce qui tient à ce que le flux électrique du début n'avait pas à lui seul l'intensité suffisante pour imprimer au style toute son excursion. Mais les flux suivants gagnent de l'intensité : l'excursion du style est complète pendant tout le reste de la décharge.

sensitifs et moteurs; on la retrouve dans les variations de la tension artérielle dont les oscillations tendent à se fusionner d'autant plus complétement que les ondées sanguines sont plus fréquentes. Dans tous ces phénomènes discontinus, au moment où la série commence, chacun des actes nouveaux augmente l'intensité de l'effet total; cet accroissement d'intensité s'arrête pour faire place à un régime régulier *aussitôt* que l'addition cesse, c'est-à-dire aussitôt que l'effet du premier acte de la série est terminé.

---

de la décharge ou de l'accès tétanique, entre deux maxima dont l'un se produit au début et l'autre à la fin. Les figures 34 et 35 rendent très-bien compte de cette analogie.

Fig. 34. — Tétanos strychnique de la Grenouille.

Fig. 35. — Décharge d'une Torpille strychnisée inscrite avec l'électro-dynamographe.

Dans la figure 34 se voit un tétanos strychnique des muscles d'une Grenouille ; l'animal empoisonné fournit, au moindre contact, une longue convulsion qui commence d'abord par des secousses énergiques, puis le tracé s'abaisse, touche presque à la ligne du zéro, puis remonte un instant pour retomber encore. Dans la figure 35 la décharge strychnique est coupée par un temps d'arrêt tout à fait comparable à celui qui se produit dans le tétanos musculaire. La théorie de cette suspension du tétanos et de la décharge est encore à trouver, mais il y a lieu de penser qu'une même condition intervient dans les deux cas.

L'action de la vératrine sur le muscle consiste en un redoublement de la courbe des secousses ; la nouvelle ascension de la courbe qui s'observe alors est très-prolongée et ressemble parfois par sa durée à un tétanos, mais elle a sa cause exclusivement dans le muscle, car elle persiste après qu'on a coupé les nerfs. Un pareil redoublement du flux s'observe-t-il ? Je serais porté à répondre par l'affirmative d'après certains tracés que m'ont fournis des Torpilles empoisonnées par la

Torpille. On constate dans les tracés de ces décharges un accroissement continu de la fréquence des flux à mesure que la température s'élève, jusqu'à ce qu'on atteigne le degré supérieur auquel toute électricité cesse de se produire. Pour procéder d'une manière méthodique, on plonge la Torpille dans l'eau de mer à une température de 12° C., et on inscrit une décharge provoquée, les flux se trouvant très-espacés les uns des autres, comme on le voit figure 36, ligne A. On réchauffe graduellement l'eau dans laquelle l'animal est plongé et, après avoir laissé agir quelque temps la température nouvelle, on provoque d'autres décharges. Or, sous l'influence de ces températures croissantes, les flux se rapprochent sans cesse de façon à devenir quatre à cinq fois plus fréquents.



Fig. 36. — Changements de fréquence du flux d'une décharge sous l'influence des changements de la température.

Ce phénomène que j'observais sur la décharge de la Torpille avait-il son analogue dans l'ordre des phénomènes de mouvement? Je m'empressai de le rechercher dès que j'eus à ma disposition des Grenouilles de taille suffisante pour inscrire sur elles le tétanos strychnique. Une Grenouille empoisonnée depuis la veille et soumise toutes les minutes à une excitation légère donne à chaque fois un petit accès tétanique composé d'une dizaine de secousses par exemple. Ces secousses se renouvellent avec une fréquence déterminée quand la température ambiante est basse. Échauffons l'animal, et nous verrons s'accélérer le rhythme des secousses; refroidissons-le de nouveau et le rhythme se ralentira.

Dans cette expérience, c'est la manière dont la Torpille réagit aux influences de la température qui a fait émettre des prévisions relatives aux effets de la chaleur et du froid sur l'appareil musculaire. Il devra en être ainsi désormais, et la connaissance de plus en plus parfaite de la physiologie des muscles et des phénomènes électriques devra éclairer de

CONCLUSIONS

En employant pour étudier l'électricité de la Torpille certains moyens nouveaux, on y découvre des caractères importants, et l'on est conduit à admettre l'hypothèse qui considère la décharge électrique comme l'homologue de l'acte mécanique par lequel un muscle se contracte.

La méthode graphique surtout a servi dans ces recherches : tantôt on a inscrit le mouvement que provoque dans un muscle de Grenouille l'électricité de la Torpille, tantôt le mouvement que donne le signal électro-magnétique de M. Deprez quand une décharge traverse cet appareil. D'autres fois, on s'est servi de l'électromètre de Lippmann dont la colonne de mercure indique par ses mouvements le sens, l'intensité, le nombre et les phases des variations électriques auxquelles il est soumis.

Les principaux résultats de ces études sont les suivants :

Une décharge de Torpille n'est pas un courant continu, mais elle est formée d'une série de flux successifs et de même sens qui, s'ajoutant les uns aux autres, constituent la décharge. C'est ainsi que dans les muscles une série de secousses ajoutées les unes aux autres et plus ou moins fusionnées constituent le tétanos.

Quand on excite les nerfs électriques d'une Torpille, chaque excitation du bout périphérique d'un nerf coupé donne lieu à un *flux* unique. Les choses se passent de la même façon pour les nerfs moteurs dont une excitation provoque une seule *secousse* dans le muscle correspondant. Un flux de Tor-

tion ; ce même caractère s'observe dans les tracés d'un tétanos musculaire produit par ce poison. — L'application du froid diminue la fréquence des flux dans la décharge volontaire ou strychnique d'une Torpille ; sur une Grenouille strychnisée, le froid diminue pareillement la fréquence des secousses dans la décharge tétanique des muscles.

Toutes les analogies que l'on constate entre les phénomènes électriques et musculaires ont pour conséquence que ces deux fonctions sont homologues et peuvent s'éclairer l'une par l'autre : ainsi, du moment où l'on peut démontrer qu'une décharge volontaire de Torpille est composée de flux multiples, les présomptions deviennent très-fortes en faveur de la complexité de la contraction musculaire.

Je dois remercier M. Hugo Eisig, directeur-adjoint de la station zoologique de Naples, de l'obligeance avec laquelle il a mis à ma disposition les Torpilles de son aquarium lorsque la saison avancée m'empêchait de m'en procurer à la mer.

divisées en plusieurs groupes suivant les causes de leur inefficacité. Les unes manquent de l'énergie nécessaire pour surmonter la pression aortique et pour déterminer la variation positive de pression artérielle qui se manifeste extérieurement par la pulsation : ce sont les *systoles avortées par défaut d'énergie*. Dans un second groupe figurent les systoles ventriculaires s'accompagnant de reflux dans l'oreillette, à travers l'orifice auriculo-ventriculaire insuffisant : celles-ci sont désignées sous le nom de *systoles avortées par reflux mitral* ; enfin les systoles qui surviennent avant que le relâchement diastolique ait permis au sang d'affluer des oreillettes dans les ventricules, constituent des systoles *redoublées* ou, pour ne rien préjuger, des *systoles anticipées*. On comprend que ces systoles hâtives ne s'accompagnent pas de pulsations artérielles, la cavité ventriculaire n'ayant pas eu le temps de recevoir le sang des oreillettes.

J'étudierai successivement chacun de ces trois groupes de troubles cardiaques en rapprochant des faits cliniques les résultats des observations faites sur les animaux.

sang qu'il contient s'élève très-peu au moment des systoles inefficaces. C'est précisément à cette faiblesse de la contraction ventriculaire qu'est dû le défaut de projection du sang dans l'aorte.

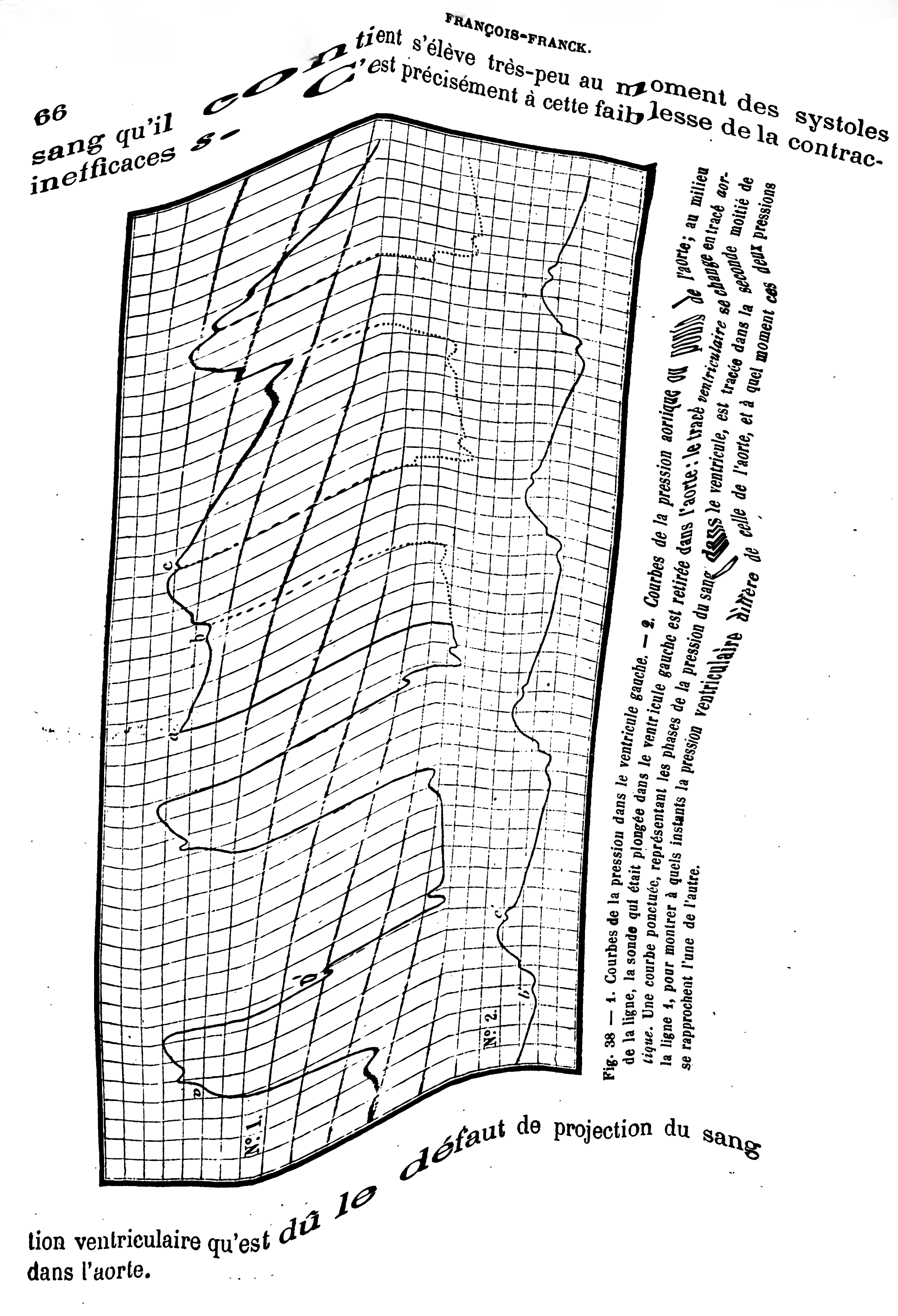


Fig. 38 — 1. Courbes de la pression dans le ventricule gauche. — 2. *Courbes de la pression aortique au [illegible] de l'aorte*; au milieu de la ligne, la sonde qui était plongée dans le ventricule gauche est retirée dans l'aorte : le tracé *ventriculaire* se change en tracé *aortique*. Une courbe ponctuée, représentant les phases de la pression du sang dans le ventricule, est tracée dans la seconde moitié de la ligne 1, pour montrer à quels instants la pression ventriculaire diffère de celle de l'aorte, et à quel moment ces deux pressions se rapprochent l'une de l'autre.

la pression carotidienne et les pulsations du cœur sur un lapin dont les pneumogastriques viennent d'être sectionnés. A un instant indiqué sur le tracé par la ligne *e*, on excite les filets nasaux du trijumeau : sous l'influence de cette excitation périphérique, survient un resserrement réflexe des vaisseaux qui provoque une grande élévation de pression dans tout le système artériel ; le cœur ne présente point *ici* ses accidents ordinaires, la section des pneumogastriques l'ayant soustrait à l'influence réflexe normale. On voit se produire une première intermittence (*i*) du pouls carotidien correspondant à une petite systole (*i*) ; cette systole s'est montrée insuffisante à surmonter la pression aortique rapidement élevée. Pendant les quelques pulsations qui suivent, la pression artérielle abaissée du fait de l'intermittence reprend un niveau élevé : nouvelle systole avortée (*i'*), nouvelle suspension du pouls (*i'*).

Fig. 39. — P C. Pression carotidienne du lapin recueillie avec le manomètre métallique (transmission par l'air). — C. Pulsations du cœur. (V. Mémoire VI. Trav. du Laboratoire 1876.)

Nous retrouvons ces systoles avortées par défaut d'énergie ventriculaire chez les animaux soumis aux injections intra-veineuses de chloral. On connaît les effets cardiaques qui suivent immédiatement la pénétration de l'hydrate de chloral dans le cœur droit (1); ce sont des arrêts plus ou moins pro-

(1) *Voy.* le travail de M. Troquart sur l'action physiologique du chloral. Mémoire VII.

On retrouve dans la systole n° 2 la forme d'une simple secousse musculaire, sans accidents dûs aux clôtures des valvules ou à l'évacuation du sang contenu dans le ventri-

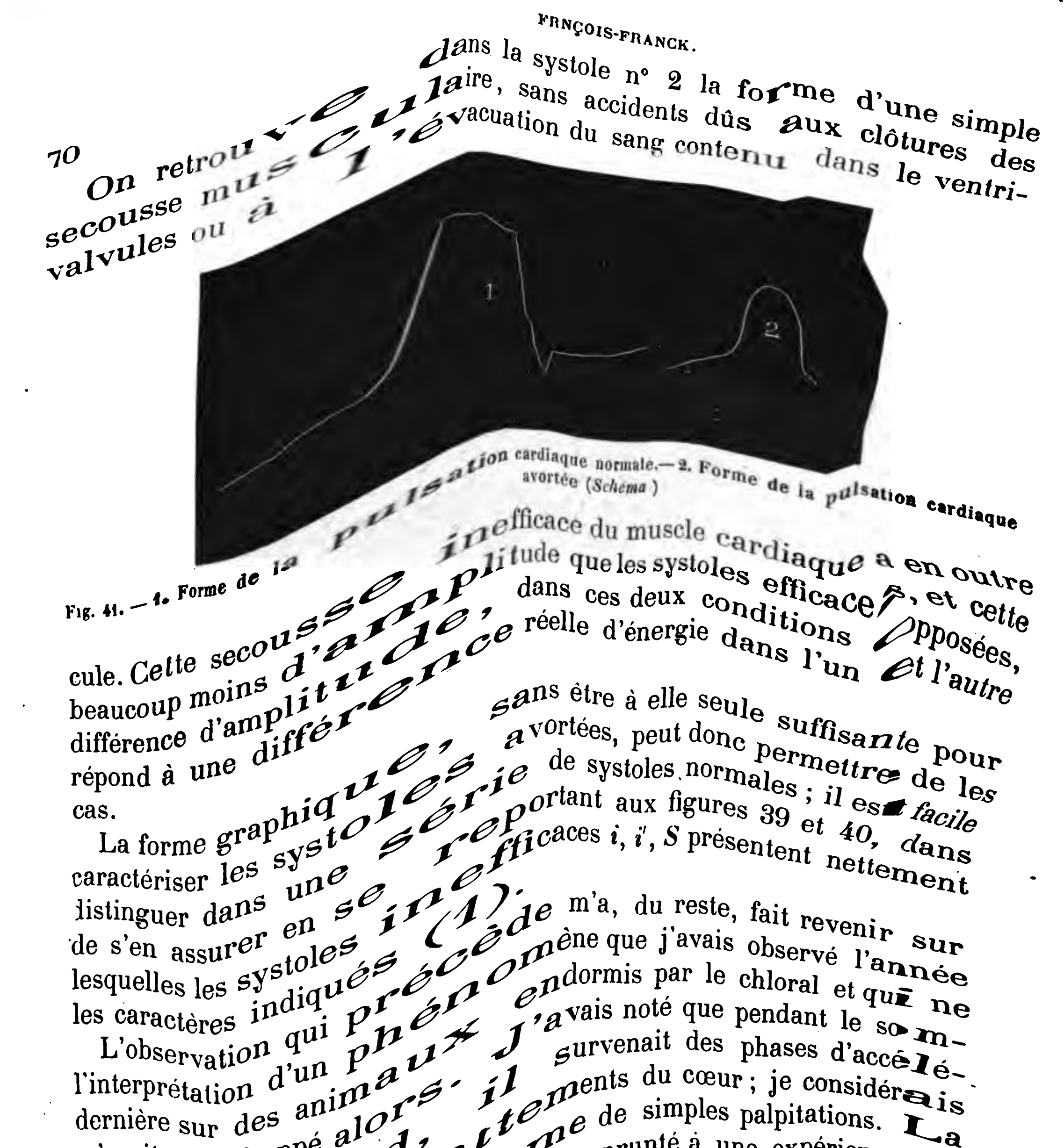


Fig. 41. — 1. Forme de la pulsation cardiaque normale.— 2. Forme de la pulsation cardiaque avortée (*Schéma*)

cule. Cette secousse inefficace du muscle cardiaque a en outre beaucoup moins d'amplitude que les systoles efficaces, et cette différence d'amplitude, dans ces deux conditions opposées, répond à une différence réelle d'énergie dans l'un et l'autre cas.

La forme graphique, sans être à elle seule suffisante pour caractériser les systoles avortées, peut donc permettre de les distinguer dans une série de systoles normales ; il est *facile* de s'en assurer en se reportant aux figures 39 et 40, dans lesquelles les systoles inefficaces *i*, *i'*, *S* présentent nettement les caractères indiqués (1).

L'observation qui précède m'a, du reste, fait revenir sur l'interprétation d'un phénomène que j'avais observé l'année dernière sur des animaux endormis par le chloral et qui ne m'avait point frappé alors. J'avais noté que pendant le sommeil chloralique profond, il survenait des phases d'accélération considérable des battements du cœur ; je considérais ces troubles cardiaques comme de simples palpitations. La figure 42 fournit un exemple emprunté à une expérience du 15 décembre 1876.

En examinant ces tracés, depuis que la forme spéciale des pulsations avortées me fut connue, j'y ai vu autre chose que

(1) Dans sa thèse de doctorat (Paris, 1875), M. Tridon a décrit sous le nom de *Nouveau signe de l'insuffisance mitrale*, une forme de pulsation à sommet arrondi : nous aurons à y revenir dans le chapitre suivant.

Le même malade présentait aussi des systoles redoul inefficaces, alternant avec des systoles normales suivie pulsations artérielles.

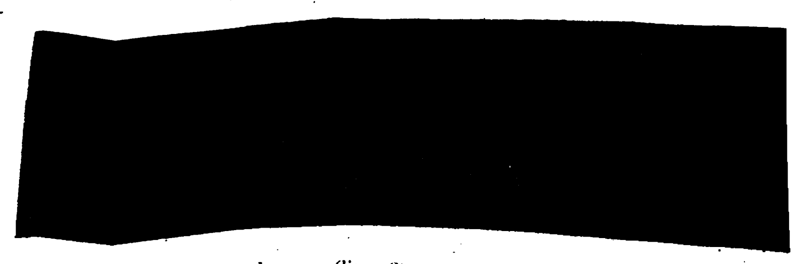


Fig. 49. — Pulsations du cœur (ligne C) et pouls carotidien (ligne P) d'un malade d'insuffisance mitrale (lignes pointillées) : systoles anticipées avec intermittences du (Photo-gravure. — Procédé Gillot.)

Ces systoles alternantes se présentaient souvent en sé omme on le voit dans la figure ci-jointe (fig. 50)

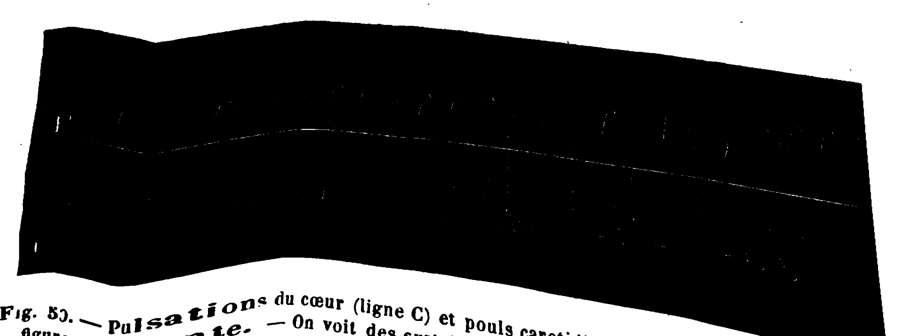


Fig. 50. — Pulsations du cœur (ligne C) et pouls carotidien (ligne P) du malade qui a fo figure précédente. — On voit des systoles anticipées inefficaces (lignes pointillées) a avec des systoles efficaces dans une série de huit pulsations. (Photo-gravure. — Gill

Nous ne savons pas à quelle cause doivent être attrib ces périodes ; c'est un point que nous ne toucherons ici : notre but est de montrer seulement l'existence des toles anticipées et d'établir la cause de leur inefficacité.

Les systoles anticipées que nous avons observées che malade peuvent être reproduites dans les expériences de culation artificielle sur le cœur de tortue isolé.

Sans entrer ici dans le détail de la disposition des expé ces qui sont exposées dans notre mémoire relatif aux cha

ments de *volume du cœur* (mémoire VIII), nous dirons que le cœur de tortue étant suspendu par les canules afférente et efférente dans un appareil à déplacement, fournissait une ondée à chaque systole. Si, au début de la phase de relâchement, on lançait dans le cœur un courant induit excitateur, on provoquait aussitôt une *systole redoublée*, et cette systole ne fournissait point d'ondée, par suite pas de pulsation artérielle. Le ventricule n'avait pas eu le temps de recevoir le sang de l'oreillette qui restait gorgée.

C'est là une démonstration directe de la cause pour laquelle ces systoles anticipées se montrent inefficaces à produire le phénomène du pouls.

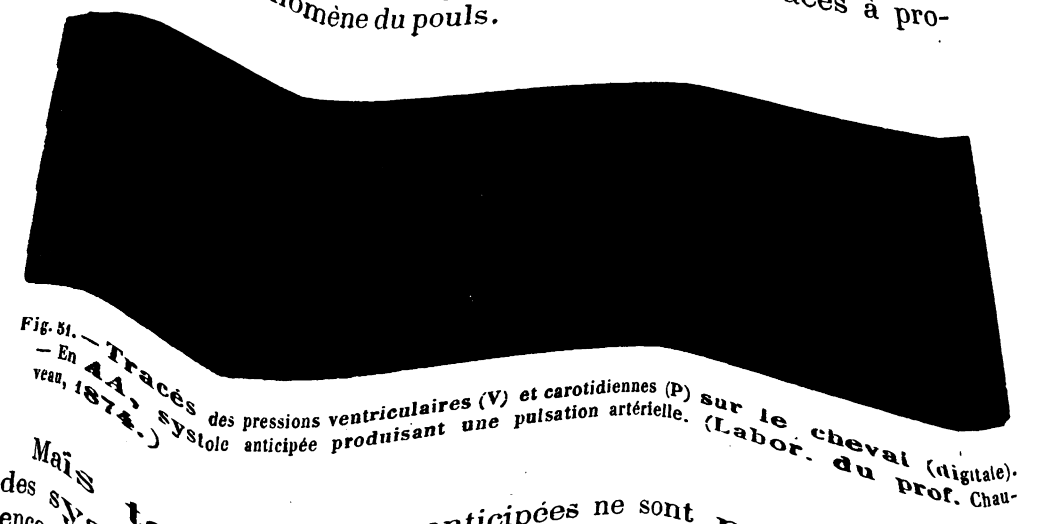


Fig. 51. — Tracés des pressions ventriculaires (V) et carotidiennes (P) sur le cheval (digitale). — En AA, systole anticipée produisant une pulsation artérielle. (Labor. du prof. Chauveau, 1874.)

Mais toutes les systoles anticipées ne sont pas forcément des systoles complètement avortées : qu'une systole arrive encore trop tôt, mais cependant en un instant suffisamment éloigné du début de la diastole pour que le ventricule ait eu le temps de recevoir une petite quantité de sang, cette petite ondée sera lancée dans l'aorte et y produira une faible élévation de pression. On voit par exemple dans la figure ci-jointe (fig.51), recueillie sur le cheval, que la systole A, tout en restant anticipée, envoie cependant une ondée artérielle, la pause diastolique qui la précède ayant permis à une certaine quantité de sang d'affluer dans le ventricule.

Nous retombons ici dans la catégorie des systoles à faible effet, qui comportent elles-mêmes des degrés, et que cette

nouvelle remarque classe plus justement à côté des sy
avortées.

A mesure que les systoles deviennent moins hâtives,
dée qu'elles envoient dans les artères devient elle-mêm
abondante. On peut concevoir ainsi tous les degrés en
systole anticipée au point de ne produire aucune élév
de la pression artérielle, et la systole survenant aprè
repos diastolique tel que le ventricule ait eu le temps
remplir suffisamment pour donner lieu à une pulsation
male.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

On voit souvent une pulsation artérielle faire défaut
que le cœur présente en même temps d'intermittence
systole du cœur qui n'a pas déterminé d'élévation de
sion dans le système aortique est une systole *avortée* ; m
raison pour laquelle cette systole se montre inefficace
pas toujours la même. J'ai étudié trois catégories de sys
avortées qui peuvent être désignées, d'après la cause de
inefficacité, par les dénominations suivantes : 1° systoles
tées *par reflux mitral*; 2° systoles avortées *par défaut* r
tion du ventricule (systoles anticipées); 3° systoles avo
par défaut d'énergie. Ces différentes variétés correspor
aux *faux pas* du cœur sur lesquels M. le professeur Boui
a insisté, mais il y a lieu de les distinguer les unes des a
au point de vue physiologique.

1. *Systoles aortées par reflux mitral.* — Le pouls des
lades atteints d'insuffisance mitrale présente, comme
depuis longtemps établi les recherches de sphygmogra
des pulsations inégales, se succédant à intervalles régul
souvent séparées par de grandes intermittences. L'o
sanguine envoyée par le ventricule gauche se partage e
l'aorte et l'oreillette, et la petitesse habituelle des pu
tions artérielles résulte de ce reflux anormal à travers l

fice auriculo-ventriculaire gauche. Quand une intermittence du cœur survient, le ventricule se gorge de sang, et l'ondée volumineuse qu'il envoie ensuite dans le système artériel y produit brusquement une grande augmentation de pression. Dès lors la systole suivante, trouvant du côté de l'aorte une résistance beaucoup plus considérable que du côté de l'oreillette, évacue dans celle-ci la totalité du sang que contenait le ventricule, la pulsation artérielle manque à ce moment, et la systole ventriculaire, inefficace à surmonter la pression aortique, constitue la systole avortée *par reflux mitral*. M. le professeur Marey a même constaté l'année dernière des systoles inefficaces du même ordre sur un appareil schématique de la circulation dans lequel la valvule mitrale, incomplètement tendue, devenait périodiquement insuffisante chaque fois que la pression aortique était augmentée. Sur ce même appareil j'ai obtenu la suppression des pulsations artérielles en augmentant la pression dans l'aorte, la valvule mitrale étant insuffisante.

2. *Systoles avortées par défaut de réplétion du ventricule.* — Certaines systoles sont inefficaces, parce que le ventricule se contracte avant d'avoir eu le temps de recevoir le sang de l'oreillette. Ce sont là des systoles redoublées, *anticipées*, qui surviennent pendant la phase de relâchement brusque du ventricule, aussitôt ou presque aussitôt après la fin de la systole précédente. Mais il arrive fréquemment que, tout en restant anticipées, ces systoles se produisent à des instants assez éloignés de la systole précédente, pour qu'une certaine quantité de sang ait eu le temps de pénétrer dans le ventricule. Suivant son degré de réplétion, le ventricule envoie alors dans l'aorte une ondée plus ou moins forte, mais toujours inférieure à l'ondée normale. Sur un même malade il est souvent facile de suivre cette série de systoles de moins en moins anticipées, par conséquent de plus en plus efficaces.

Systoles avortées par défaut d'énergie. — En outre des systoles avortées par reflux mitral et par défaut de réplétion préalable du ventricule, signalons celles qui, survenant en leur temps ou peu avant le moment normal de leur apparition, ne déterminent cependant aucune évacuation du ventricule,

ni dans l'aorte ni dans l'oreillette; elles s'accomp
d'intermittences dans les artères, mais ce défaut
du ventricule tient à une énergie de contraction
En effet, il est facile de s'assurer que la pressio
triculaire n'atteint pas alors la valeur manomét
pression aortique et ne peut, par suite, surmonter
nière qui maintient fermées les valvules sigmoïdes
d'autre part, la valvule mitrale résiste, le ventric
un battement avorté, une simple secousse muscul
effet utile, s'accusant sur le tracé par une courbe
pendant cette systole, les diamètres du ventricule se s
tis autrement, l'organe est devenu globuleux, et de
changement de forme est résulté le choc perceptible
et agissant sur l'instrument explorateur. On voit ces
avortées survenir très-souvent d'une façon rhythmé
nant par exemple avec des systoles efficaces; quelquef
se succèdent par groupes, et l'on assiste alors à ce
mène paradoxal d'un abaissement rapide et considér
la pression artérielle, sans la moindre oscillation d'
cardiaque, pendant que le cœur, non-seulement contin
battements, mais les précipite. Ce sont des phases de
tables palpitations pendant lesquelles le cœur oscille
d'une systole permanente et présente une sorte de téta
secousses dissociées (*animaux chloralisés*).

Un fait très-remarquable et qui sera l'objet de re
ches spéciales, c'est que toutes ces irrégularités du
gauche se retrouvent simultanément dans le cœur droi
dissociation fonctionnelle de deux ventricules ne se ren
tre pas; une cause agissant exclusivement sur l'un prov
des troubles identiques dans les deux. Dans aucun cas
n'avons pu retrouver ce défaut de synchronisme dont q
ques auteurs ont parlé.

Les systoles avortées de la dernière catégorie sont ell
mêmes intermédiaires entre les systoles faibles, produis
une élévation de pression artérielle insignifiante et les int
mittences complètes du cœur : on voit, en effet, ces différe
degrés d'irrégularités fonctionnelles se succéder, se substitu
les uns aux autres dans une même observation ou dans u
même expérience. Il y aurait donc à rapprocher, à ce point

vue général, l'intermittence du cœur, ordinairement envisagée à part comme un phénomène spécial, d'un certain nombre d'autres troubles dont elle ne serait que l'expression la plus accusée.

Du reste, l'intermittence du cœur est, dans d'autres cas, un phénomène secondaire, subordonné à la production trop hâtive de la systole qui la précède. Nous avons vu bien souvent la pause prolongée du cœur ne survenir qu'à la suite d'une systole anticipée, de telle sorte que rien n'était changé au travail total du cœur, ce qui vient à l'appui de la loi sur l'uniformité de travail du cœur formulée par M. le professeur Marey.



III

DE L'ADDITION LATENTE DES EXCITATIONS ÉLECTRIQUES DANS LES NERFS ET DANS LES MUSCLES (1),

par le Dr CH. RICHET.

Les expériences de M. Marey ont montré que la contraction musculaire se compose d'une série de secousses simples qui, s'ajoutant les unes aux autres, finissent par produire un tétanos complet, en sorte que la contraction musculaire finale est le résultat d'une série de secousses successives.

On peut démontrer qu'il en est ainsi, non-seulement quand les excitations sont assez fortes pour produire une secousse, mais encore quand les excitations isolées ne peuvent produire de mouvement.

Il y aurait donc deux sortes d'additions dans le muscle, l'addition apparente telle qu'elle est connue en général, et l'addition latente que je vais étudier brièvement.

(1) Les premières notions que nous trouvons dans la science sur ce sujet sont dues à Pflüger (*Effets des excitations électriques*, Berlin, 1865). Après lui, Grunhagen a repris la question avec plus de détail (*Ueber die Summation von nervenreizen*, Archives de *Henle*, 1865, t. XXVI; *Versuche ueber die intermittirende nervenreizungen*, *Archives de Pflüger*, 1872, t. VI, p. 157) et a vu que la sommation ou l'addition ne se produisait vraisemblablement



Dans les deux cas, c'est un même phénomène,
de forces successives qui s'ajoutent les unes aux au
produire un résultat final, la contraction muscula
lement dans un cas ces forces sont apparentes e
duisent par des secousses manifestes; dans l'autre
sont latentes, et correspondent à une modification
térieure, non apparente, du tissu musculaire.

Le muscle dont je me sers pour ces expérience
muscle de la pince de l'écrevisse. On détache la
l'écrevisse, tout à fait à la base, entre le premier
appendiculaire et le corps. La patte étant solidemen
une planchette, on attache la mandibule mobile à un
à levier qui en transmet les mouvements à distance. I
conditions, si l'on envoie dans le muscle des excitations
ques d'induction très-espacées, on n'obtient pas de mou
musculaire, pourvu que l'excitation soit suffisammen
(fig. 52). Au contraire, si les excitations sont très-rappr
l'intensité restant invariable, il y a une contraction musc

La conclusion qu'on peut tirer de ce fait est fort impo
*Des excitations égales entre elles, mais répétées fréquen
produisent un effet qu'une seule excitation, égale aux pre*

pas dans le nerf lui-même, puisqu'il y avait à chaque excitation él
une variation négative isolée ne se confondant pas avec les préc
A d'autres points de vue, et spécialement pour ce qui concerne l'action
dans la moelle épinière, l'addition latente a été étudiée par Setschenoff
des excitations électriques et chimiques, Gratz, 1868); Tarchanoff (*B*
l'Acad. de Saint-Pétersbourg, 1871, t. XVI, p. 67); Rosenthal (*Sitzu*
richte der phys. med. Soc. zu Erlangen, 1873, p. 13, 1875, 1876 p
Stirling (*Sitzber. der sachs. Acad.*, 1875, p. 372) et Spiro (*Studien*
Reflexe, *Centralblatt f. die med. Wiss.*, 1875, p. 435). L'addition laten
les appareils terminaux du nerf pneumogastrique a été étudiée par Do
Legros et Onimus, et, plus récemment, par Tarchanoff (*Comptes rend*
travaux du laboratoire de M. Marey, 1876, p. 303. *Innervation de l'ap*
modérateur du cœur). Cependant, je crois que, sauf quelques remarq
Gruenhagen, les faits de sommation et d'addition latente n'avaient été
moi, observés que pour l'action réflexe de la moelle, et l'appareil gan
naire du cœur. J'ai pu généraliser le fait et l'appliquer au système m
laire et au système cérébral sensitif (*Comptes rendus de l'Acad. des sci*
4 décembre 1876). *Thèse inaugurale : Recherches expérimentales e*
niques sur la sensibilité (1877). J'avais étudié la plupart de ces faits l'
dernière, dans le laboratoire du prof. Marey, mais les expériences n'étan
terminées lors de la publication des Comptes Rendus, j'ai dû en ajourn
résumé et le remettre à cette année.

mais isolée, est impuissante à produire.

Il suit encore de là que si une seule excitation est insuffisante, la deuxième s'ajoutant à la première pourra produire une contraction, et que la troisième et la quatrième faisant de même, le mouvement produit par la quatrième contraction, qui résume pour ainsi dire les trois premières, sera le plus énergique. C'est ce que démontre la figure 53.

On peut démontrer le même fait de différentes manières: ainsi quelquefois, si l'intensité de l'excitant est faible, il faut un certain nombre d'excitations pour agir sur le muscle. La contraction musculaire ne surviendra, je suppose, qu'à la sixième excitation qui résumera les autres et sera la somme des six premières. Par conséquent, cinq excitations ne produiront rien, tandis qu'un plus grand nombre produiront un effet moteur. C'est ce qu'indique la figure 54; les excitations sont faites par un métronome; quand les courants d'induction persistent indéfiniment, il y a contraction; mais si, au contraire, ils ne durent que peu de temps, aucun effet moteur n'est produit.

En augmentant la fréquen-

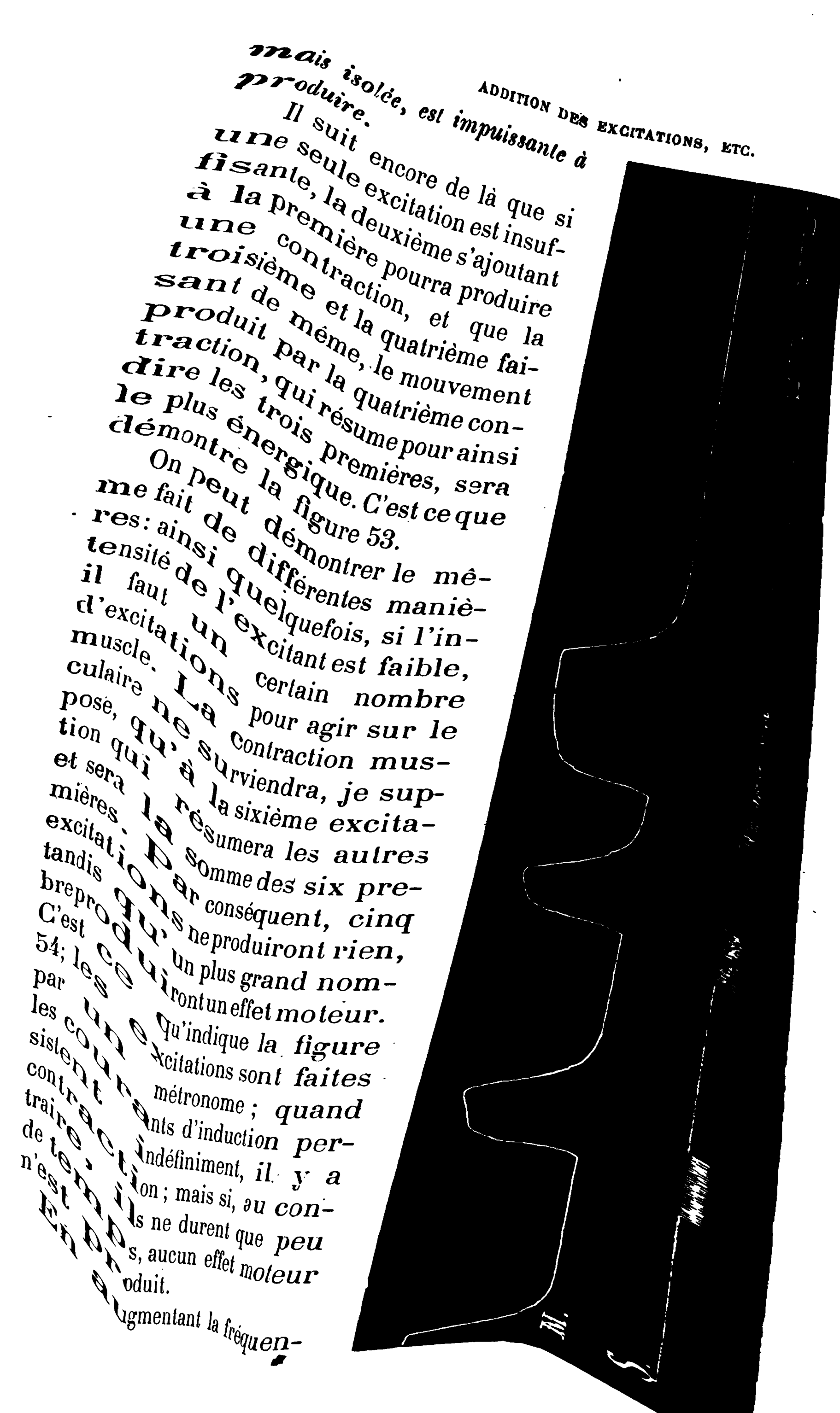


Fig. 52 — La ligne S indique le nombre et la fréquence des excitations (signal Deprez). Quand elles sont très-espacées (droite du tracé) le muscle ne répond pas; quand elles sont rapprochées (gauche du tracé), le muscle se contracte, ainsi que l'indiquent les courbes myographiques de la ligne M.

ce, sans changer l'intensité, on permet à l'additi(
de se produire ; ainsi pour la figure 55, la fréquence
tations va en augmentant suivant un mouvement ı
ment accéléré. Au début, les interruptions sont esı
mouvement ne se produit pas, mais à mesure qı
rapprochent, le muscle se contracte, et à la fin se t



Fig. 53.— La ligne *a* des excitations espacées répond à la courbe myographique *a'* qu:
La ligne des excitations *b* répond à la courbe myographique *b'*. Le courant en
est d'égale intensité. En *b*, les interruptions sont produites par les mouvements
d'un métronome et d'un interrupteur très-lent.

On peut résumer ces faits en disant que pour des
tions électriques, de fréquence et d'intensité variables,
traction musculaire dépend non-seulement de l'intensité
encore de la fréquence (1).

Il semble que cette loi puisse s'appliquer au systèm
veux sensitif, aussi bien qu'au système musculaire, et l
thode graphique permet d'en donner la démonstration
reuse.

(1) Un organe excitable est sollicité à agir quand la force excitat
supérieure à sa force de tension ou d'équilibre (Helmholtz). Soit F cett
d'excitation et F' la force de tension, pour qu'il y ait mouvement, il faut
Seulement F peut être, non une force unique, mais une somme d'un no
de forces F, agissant pendant un temps *t*, de sorte qu'il suffit, pour
ait mouvement, que $\frac{m}{t}$F soit plus grand que F'. Par conséquent, si
plus grand que 1, F peut être plus petit que F'. Cette explication mathém
de l'addition latente est extrêmement simple, mais on la comprendrait
tre mieux avec des chiffres. Supposons qu'une force de 1 gramme
force de tension, il faudra, pour mettre le muscle en contraction, une
de 1,1, je suppose. Or, si on prend des excitations se répétant 11 fo
seconde, l'addition s'établissant pendant une seconde entière, il y aura
vement, même quand la force excitatrice ne sera que de 0,1, parce
réalité la force excitatrice ne sera pas 0,1, mais 0,1 × 11, soit × F × $\frac{m}{t}$



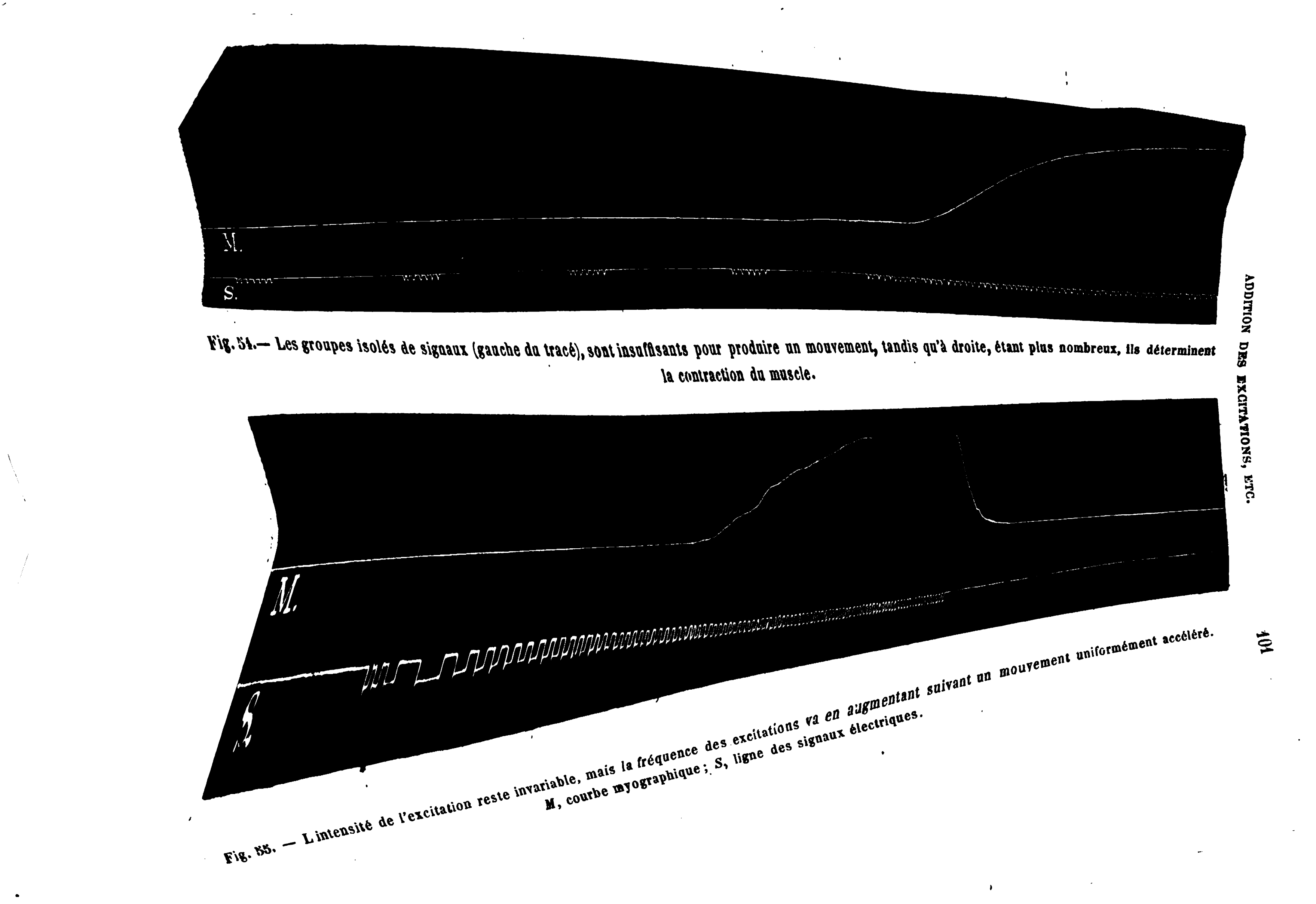


Fig. 54. — Les groupes isolés de signaux (gauche du tracé), sont insuffisants pour produire un mouvement, tandis qu'à droite, étant plus nombreux, *ils déterminent* la contraction du muscle.

Fig. 55. — L'intensité de l'excitation reste invariable, mais la fréquence des excitations va *en augmentant* suivant un mouvement uniformément accéléré. M, courbe myographique ; S, ligne des signaux électriques.

Dans les expériences
juger de la sensibilité, j'av
à un aide qui recevait sur ı
corps des excitations élec
pouvait arrêter lui-même le
des excitations au moment
cevait l'impression, de sort
point où s'arrêtent les excitat
triques répond au moment c
ception. Ainsi, pour lire le tr
figure 56, il suffit de comprer
la durée nécessaire à la percep
égale à la longueur de la lig
signaux électriques : tant que
terruptions sont espacées, le s
perçoit rien, mais si elles arri
atteindre une certaine fréquenc
médiatement il y a perception, c
l'indique la cessation des signa
la fréquence est tout de suite
grande, comme à droite des deu
gnes supérieures 1 et 2, la perce
est instantanée. Que si l'on rappı
ce tracé du tracé de la fignre 55
reconnaîtra que c'est identiqueme
même phénomène et l'on pourra sa
tout de suite l'analogie entre les ph
mènes d'excitation motrice et sensit

De même la figure 57 répond exa
ment à la figure 54 ; les interruptic
par groupes de cinq de la ligne su
rieure, ne sont pas senties par le su
en expérience. Cependant, pour l
qu'on les laisse s'établir en noml
illimité, comme dans les lignes in
rieures, le patient *finit* par les sen
et arrête le signal. Le nombre d'exc
tations électriques nécessaire pou
une perception est donc assez variabl

Fig. 56. — L'intensité du courant est invariable et la fréquence des excitations va croissant. Comparer cette figure à la précédente.

suivant l'intensité de l'excitation, et la figure 58 le démontre. Les lignes A A répondent aux courants d'intensité forte; les lignes F F, aux courants d'intensité faible, en sorte qu'un courant fort est suivi et précédé d'un courant faible, et réciproquement. Dès que le sujet en expérience percevait une sensation, il arrêtait lui-même le passage du courant de pile, et par conséquent le moment d'arrêt du signal répond exactement au moment où la sensation a été perçue.

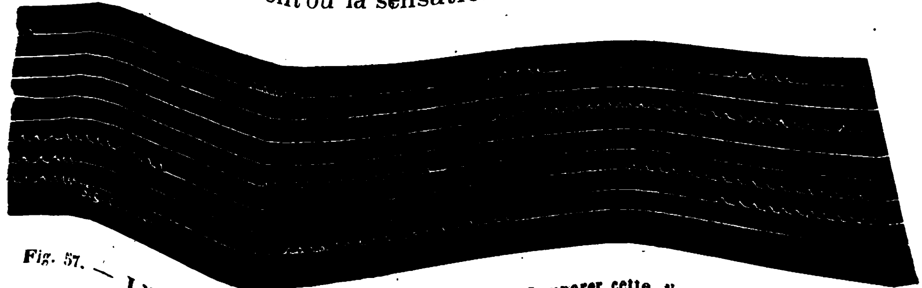


Fig. 57. — L'intensité des courants est invariable. Comparer cette figure à la figure 54.

Ainsi la sensation est retardée pour les courants faibles, et ce retard est la conséquence naturelle de l'addition latente. Supposons en effet que la première excitation ne produise rien, ni la deuxième, ni la troisième, mais que, par suite de l'addition de ces excitations successives, la douzième seule

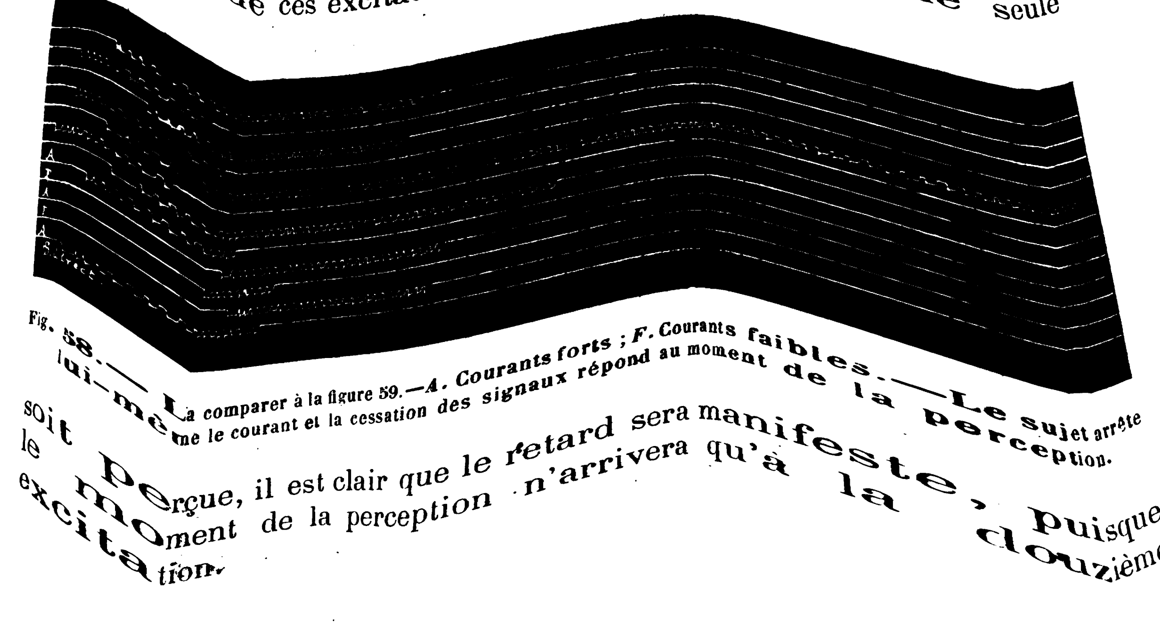


Fig. 58. — A comparer à la figure 59. — A. Courants forts; F. Courants faibles. — Le sujet arrête lui-même le courant et la cessation des signaux répond au moment de la perception.

soit perçue, il est clair que le retard sera manifeste, puisque le moment de la perception n'arrivera qu'à la douzième excitation.

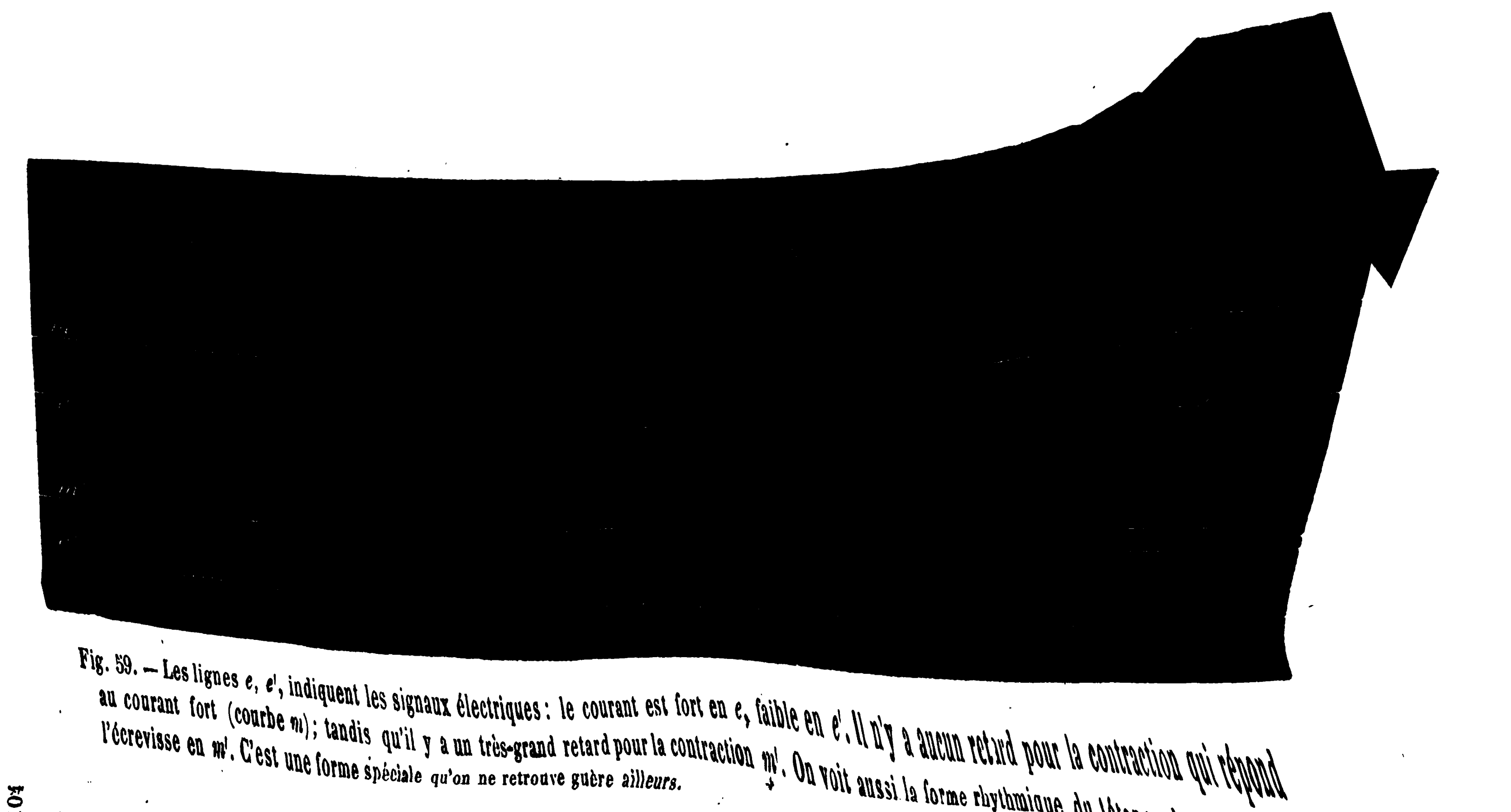


Fig. 59. — Les lignes e, e', indiquent les signaux électriques : le courant est fort en e, faible en e'. Il n'y a aucun retard pour la contraction qui répond au courant fort (courbe m) ; tandis qu'il y a un très-grand retard pour la contraction m'. On voit aussi la forme rhythmique du tétanos des muscles de l'écrevisse en m'. C'est une forme spéciale qu'on ne retrouve guère ailleurs.

Il en est de même pour la contraction musculaire, ainsi que le démontre la figure 59.

Au contraire, ainsi que je m'en suis assuré à plusieurs reprises, si l'excitation est unique, il n'y a pas de différence appréciable dans le temps perdu : que l'excitation soit faible ou forte, le temps perdu est sensiblement le même, aussi bien pour des perceptions sensitives que pour des contractions musculaires. Par conséquent le retard signalé par certains auteurs (Donders, Exner), à la suite d'excitations faibles est uniquement un fait d'addition latente, et c'est ainsi seulement qu'on peut l'interpréter.

En résumé tous ces faits s'éclairent et se complètent l'un par l'autre, et on peut en tirer deux propositions assez générales.

1° Il y a, entre le système nerveux célébro-médullaire placé à l'extrémité des nerfs sensitifs, et le système musculaire placé à l'extrémité des nerfs moteurs, une analogie remarquable dans la réaction soit sensitive, soit motrice, aux excitations électriques.

2° Le nombre des excitations nécessaires pour amener soit la perception, soit le mouvement, est inversement proportionnel à l'intensité et à la fréquence des excitations.

IV

COMPRESSION DU CŒUR A L'INTÉRIEUR DU PÉRICARDE. DÉDUCTIONS APPLICABLES A LA THÉORIE DES ACCIDENTS DES ÉPANCHEMENTS PÉRICARDIQUES CHEZ L'HOMME,

par le Dr FRANÇOIS-FRANCK.

Dans des expériences où j'essayais d'évaluer directement les débits des ventricules chez l'animal vivant, d'après la quantité de liquide que la diminution systolique du volume du cœur faisait rentrer dans le péricarde (1), il est venu des accidents qui m'ont paru devoir être expliqués par la compression qu'une colonne de sérum de plusieurs centimètres faisait subir au cœur.

J'ai pensé alors à utiliser ces accidents pour étudier le mécanisme des troubles apportés à la circulation cardio-pulmonaire et artérielle par les épanchements abondants du péricarde.

Ce sont ces expériences dont je présenterai les résultats dans cette note. J'y ajouterai quelques remarques sur les effets que la décompression du cœur entraîne du côté de la pression artérielle et de la fonction cardiaque elle-même.

(1) Voy. le mémoire VIII sur les *Changements de volume du cœur*.



Tant que la seconde sensat
nous ne serons pas à la limite
deux sensations successives so
Nous pourrons donc éloigner
point B jusqu'au point B', l'int
c'est au point B' que sera la nouv
Le nouvel intervalle entre les
plus grand que le premier (inde
la quantité cherchée, de $b'b$, c'est
pour le parcours de 0,50 de nerf.

On pourrait, par un raisonneme
faut rapprocher les chocs lorsque la
est plus éloignée du sensorium que
qu'il s'agit du pied, par exemple.

En résumé, la formule générale c
mer ainsi :

« Deux points homologues, XX, f
« et donnant pour limite du synchr
« temps T, lorsqu'on substitue au seco
« plus éloignée ou plus rapprochée du
« T doit être diminué ou augmenté d'un
« le parcours sensitif, pour une longue
« entre les distances respectives de X et
« sorium. »

Dans le travail dont je viens d'expose
marche et l'interprétation des résultats, j'
du phénomène de la persistance, certaines
est utile de présenter ici : elles sont en c
avec ce que l'on observe quand on emploie
trique comme moyen d'excitation.

1° La persistance des sensations tactiles
région qu'on soumet à l'expérience. J'ai di
1/45 de seconde pour la pulpe des doigts.

La main droite et la main gauche m'ont d
chiffre. Il est donc indifférent de présenter aux
de la tige de baleine la droite, puis la gauche
ment.

En recevant les chocs sur les orteils des de

constate une durée plus grande de la persistance : la limite est de 1/40 de seconde.

D'autres expériences faites dans le même but, mais par un procédé moins simple, expériences consignées dans mon travail de 1875, m'ont appris que, pour la peau du visage, la durée de la persistance tient le milieu entre les chiffres précédents : entre 1/40 et 1/45 de seconde.

On est en droit de conclure que la persistance dure d'autant moins que la partie frappée est plus sensible, plus exercée, plus accoutumée à recevoir les impressions tactiles.

Nous verrons que ces différences n'existent pas avec l'excitation électrique.

2° Les chiffres que j'ai indiqués sont plus faibles que ceux que donnent les auteurs. Je crois pouvoir expliquer la raison de ces discordances.

Elles tiennent à cette propriété des organes du tact, et, probablement, de tous les sens, qui fait que la délicatesse s'émousse extrêmement vite et que, après deux ou trois excitations, le temps de la persistance augmente rapidement.

On peut constater cet accroissement de la persistance, par le procédé expérimental dont je viens de dire quelques mots. Je me suis assez longuement étendu sur ce sujet dans mon premier travail.

J'ai montré qu'au début d'une expérience, les chocs de l'onglet de baleine sont appréciés bien plus délicatement qu'après trois ou quatre excitations.

Pour les deux mains, par exemple, on obtient la limite du synchronisme à 1/45 de seconde, mais, si on laisse les mains exposées pendant quelques tours de roue, on peut les éloigner peu à peu l'une de l'autre, et, malgré cet écartement progressif, la sensation de synchronisme persiste.

Si on les enlève brusquement, en les laissant dans leur situation réciproque : (la chose est facile, puisque l'expérience se fait en tenant une règle entre les doigts des deux mains), et si, après un repos de quelques secondes, on recommence l'expérience en exposant les doigts à un ou deux chocs seulement, on s'aperçoit que l'espace qui les sépare est trop considérable, on sent la succession des deux chocs, et il faut

revenir à un écartement repr...
retrouver le synchronisme.

Voilà donc deux preuves ...
preuve fournie par la fatigue, ...

On conçoit, dès lors, que le...
roue doivent émousser très-r...
A plus forte raison, le gliss...
frôlant la région mise en exp...
sidérablement la durée de la p...
On s'explique donc très-bie...
nier procédé, ait trouvé jusqu'...
de la persistance.

Sans vouloir faire aucun ...
pour indiquer ce que peut pr...
pellerai la durée énorme de la...
un peu longue, comme l'ap...
pince-nez-

J'arrive à l'exposé de mes...
moyen de la secousse élec...
M. le professeur Marey.

Voici l'appareil instrumen...
obtenir deux secousses électri...
tensités égales, et produites ...
les deux excitations. (*Voy.* fig...

On recouvre de papier un ...
teur de Foucault, puis on col...
l'axe du cylindre, et près ...
d'étain très-étroite : d'un mil...

Cette lame avance de que...
du cylindre et se replie sur...
munication avec les parties m...

On obtient un contact suff...
la lame qui est appliquée su...

Le support du cylindre est...
pile de Daniell. La pile est rel...
L'autre pôle de ...

(1) Lalanne, *Comptes rendus de l'*...

bobines inductrices égales, et fixées sur la même planchette.

Les deux autres bornes des bobines sont munies de fils qui se rendent à deux supports métalliques portant, chacun, un frotteur d'acier, et qui sont complétement indépendants l'un de l'autre (*Voy.* fig. schématique 68).

On comprend, par cette disposition, que le courant sera fermé, puis, presque immédiatement ouvert, pendant la rotation du cylindre, chaque fois que l'un des frotteurs passera sur la lame d'étain.

L'indépendance réciproque des deux frotteurs fermera successivement le courant de la pile dans chacune des bobines inductrices et l'on recueillera, par les fils induits de ces bobines, des secousses séparées, et séparées par un intervalle que déterminera l'écartement des deux frotteurs, l'un par rapport à l'autre.

On sait que la secousse induite peu énergique ne se sent qu'à la rupture du courant inducteur.

On éprouvera donc, en général, une seule excitation pour chaque bobine et pour chaque tour de cylindre. En fût-il autrement, eût-on une forte décharge, sensible à la fermeture, l'erreur serait négligeable à cause de l'étroitesse de la bande d'étain dont le parcours, sur le cylindre lancé, ne représente guère que deux millièmes de seconde.

Pour mesurer l'écartement des frotteurs, on se sert d'un compas ordinaire. Voici comment on procède :

Le papier qui recouvre le cylindre est noirci. Pour chaque position nouvelle des frotteurs, on fait inscrire les vibrations d'un diapason de 500. De cette manière, on s'assure, à chaque instant, de la vitesse du cylindre que des frottements variables, et plus ou moins rudes, pourraient altérer, si peu que ce fût.

Le cylindre arrêté, il suffit de compter le nombre des vibrations entre les pointes du compas, pour avoir exactement l'intervalle entre les ruptures du courant de la pile et, par conséquent, entre les secousses induites sur lesquelles on expérimente.

J'ai varié de plusieurs façons le mode de réception des secousses, soit en trempant les fils induits dans des verres d'eau séparés, et en plongeant les doigts dans le liquide, soit

en armant l'extrémité des fils de plaqu
j'appliquais sur les régions que je voulais

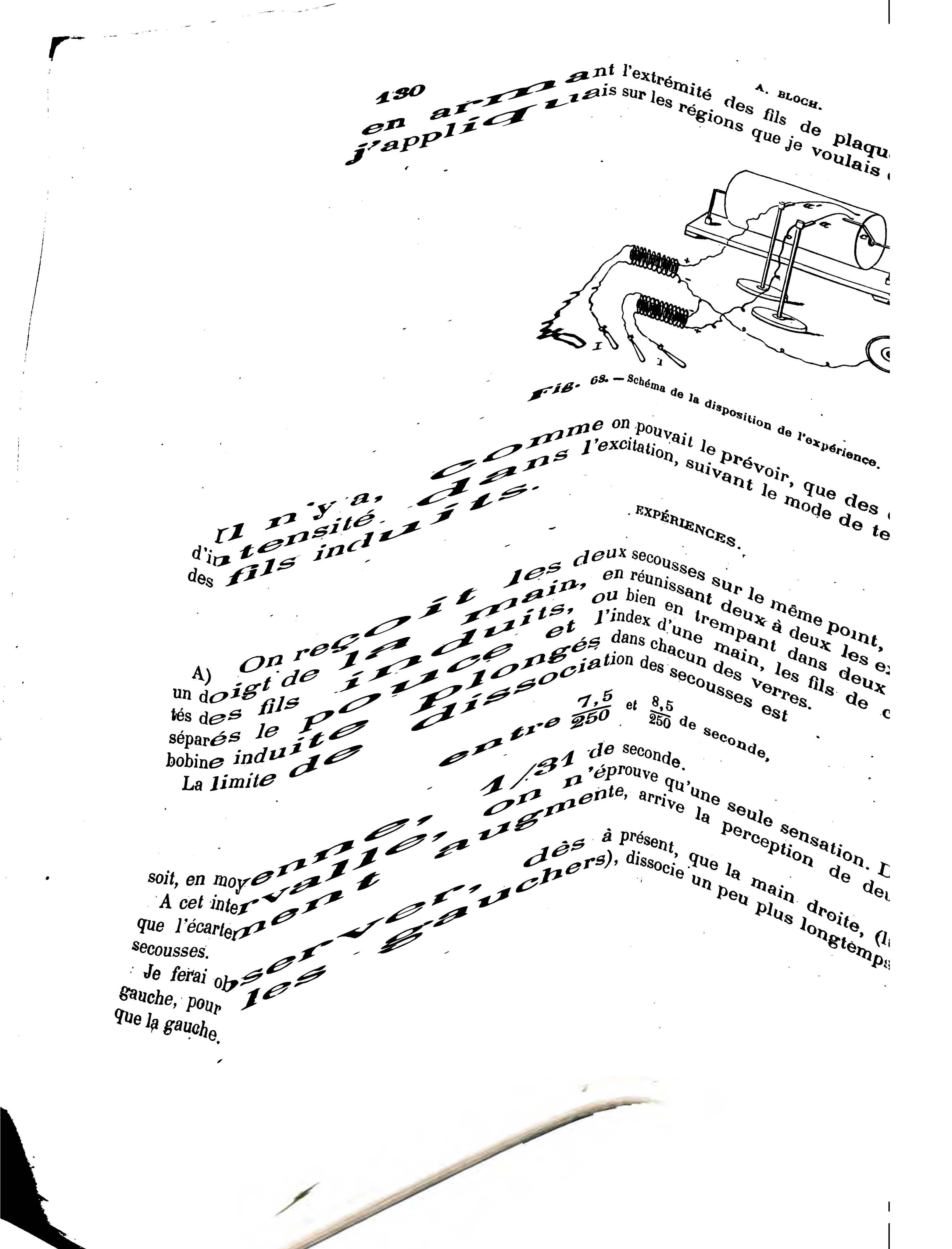


Fig. 68. — Schéma de la disposition de l'expérience.

Il n'y a, comme on pouvait le prévoir, que des
d'intensité dans l'excitation, suivant le mode de te
des fils induits.

EXPÉRIENCES.

A) On reçoit les deux secousses sur le même point,
un doigt de la main, en réunissant deux à deux les ex
tés des fils induits, ou bien en trempant dans deux
séparés le pouce et l'index d'une main, les fils de c
bobine induite plongés dans chacun des verres.

La limite de dissociation des secousses est entre $\frac{7,5}{250}$ et $\frac{8,5}{250}$ de seconde,
soit, en moyenne, 1/31 de seconde.

A cet intervalle, on n'éprouve qu'une seule sensation. D
que l'écartement augmente, arrive la perception de deu
secousses.

Je ferai observer, dès à présent, que la main droite, (l
gauche, pour les gauchers), dissocie un peu plus longtemps
que la gauche.

La limite que j'indique, 1/31 de seconde, est celle de la main la plus exercée.

B) On reçoit des secousses séparées, par un des procédés indiqués plus haut, sur le pouce et l'index ou l'index et le médius d'une main.

La limite d'écartement, pour la dissociation des deux sensations est

$$\text{entre } \frac{5,5}{250} \text{ et } \frac{6}{250} \text{ de seconde,}$$

soit 1/43 de seconde, en moyenne.

C) On excite successivement le pouce et l'auriculaire de la même main, par des secousses séparées.

Ici, intervient un nouveau facteur dans les résultats de l'expérience.

Dans les deux cas précédents, lorsqu'il s'agissait de secousses reçues au même point ou en des points voisins, comme le pouce et l'index, on constatait deux phénomènes : avant la limite, une seule sensation ; après la limite, deux sensations distinctes.

Pour des points éloignés, comme le pouce et l'auriculaire, les résultats ne sont plus les mêmes. La fusion des deux sensations en une seule n'existe plus, quel que soit le rapprochement des deux excitations. Toujours on sent deux secousses distinctes, l'une au pouce, l'autre à l'auriculaire.

Mais la fusion est remplacée par un phénomène de même ordre, facilement appréciable, le synchronisme.

$$\text{La limite est à } \frac{4}{250} \text{ de seconde, soit } \frac{1}{62} \text{ de seconde.}$$

C'est-à-dire que, lorsque l'intervalle entre les excitations est plus grand que 1/62 de seconde, on apprécie la succession de deux secousses, et on peut déterminer quel doigt a été excité le premier. Quand, au contraire, on rapproche les deux secousses jusqu'à 1/62 de seconde, il semble à l'expérimentateur que les deux doigts sont frappés en même temps.

D) On reçoit le choc électrique sur les deux mains, en trempant les doigts dans quatre vases séparés ou en se servant de plaques métalliques.

Ici, la sensibilité est exquise;
secousses jusqu'à $\frac{3}{250}$ de seconde, soit
pour arriver au synchronisme.
Avant cette limite, il est poss
celle des deux mains qui a reçu
Pour cette recherche, comme d
celle qui avait pour objet le pouc
main, je me suis servi d'un co
mon insu, l'ordre des secousses.
Je ne savais donc pas, d'avan
excitée avant ou après ma mai
déterminais la succession des ch
limite de 1/83 de seconde.
E) On reçoit les secousses su
Ici encore, on arrive à la lin
par u impossible de percevoir
l'expérience avec les deux pieds
les deux mains.

Il est évident que les deux ph
nisme, fusion, lorsqu'il s'agit de
pouce et l'index ou lorsqu'on exc
et d'autre part, synchronisme,
éloignés l'un de l'autre, il est é
tations de la sensibilité sont d
tent, chacune, une modalité p
Or, avec les chocs mécaniq
1/45 de seconde, en expériment
point frappé.
Toujours 1/45 de seconde, a

En recevant, à l'aide de deux
derrière l'autre, parallèlement,

soit sur l'index, on dissocie très-bien à 1/45 de seconde, mieux peut-être que lorsque les chocs n'atteignent que des points voisins.

Ici, et ici seulement, on observe la *fusion* de deux sensations en une seule. Il semble, à la limite, que le doigt ne soit frappé qu'une seule fois.

Pour toutes les autres expériences, faites à l'aide des chocs mécaniques, on a deux sensations *distinctes*, mais *successives*, ou *simultanées*, selon qu'on est au delà ou en deçà de la limite.

Ainsi, pour les chocs mécaniques, la persistance de la sensation reçue est une constante, pour telle région déterminée.

Pour les secousses électriques, le résultat est tout à fait différent : il n'y a plus de constance dans les résultats, et la distinction de deux sensations, dans leur nombre ou dans leur succession, varie suivant qu'on expérimente sur un même tronc nerveux, ou sur des nerfs voisins, ou sur des nerfs éloignés l'un de l'autre, ou sur des nerfs symétriques.

De plus, la persistance des sensations de tact véritable, celle qu'on peut étudier avec les chocs mécaniques, est en relation avec la sensibilité des régions qu'on explore, avec la perfection plus ou moins grande que l'exercice du tact leur a donnée. Elle est de 1/45 de seconde aux doigts de la main, et de 1/40 aux orteils.

Inversement, avec la secousse électrique, on distingue aussi nettement la limite de 1/83 de seconde pour les deux pieds que pour les deux mains.

L'hypothèse qui paraît s'adapter le mieux aux faits que je viens d'exposer consisterait à dire que les deux modes d'excitations : les chocs mécaniques et les secousses électriques ne passent pas par les mêmes organes récepteurs. Il faudrait admettre que les excitations électriques intéressent directement les nerfs, et ne s'adressent pas aux papilles cutanées du tact.

On pourrait développer cette hypothèse ; mieux vaut, je crois, attendre de nouveaux faits pour présenter une théorie générale.

CONCLUSION

Toute sensation résultant d'une ex
électrique reçue à la peau, persiste pend
Les manifestations sensorielles qui p
la durée de la persistance sont de deux o
1° Fusion ou dissociation ;
2° Synchronisme ou succession.

I

A) Avec les chocs mécaniques, la fusion
sensations successives n'est perceptible que
point est frappé deux fois.
Dès qu'il s'agit de régions distinctes, on p
sations et le critérium consiste dans le syn
succession des sensations perçues.
B) Avec les secousses électriques, la fusion
serve, même lorsque des régions distinctes son
cessivement ; exemple : le pouce et l'index d'u
Quand les régions soumises à l'expérience so
gnées, lorsqu'il s'agit du pouce et de l'auriculaire
il n'y a plus fusion des deux sensations, même si l
sont très-rapprochées l'une de l'autre. C'est le sy
ou la succession qui devient le seul guide.

II

Après les excitations mécaniques, la durée de la
tance est une constante, pour une région donnée.
Le phénomène fournit les mêmes résultats numériq
les chocs soient reçus au même point ou en des poi
sins, ou bien, en des points symétriques comme les doi
deux mains.



III

Inversement, la succession de deux secousses électriques, appréciable à 1/83 de seconde, lorsqu'il s'agit de parties symétriques, par conséquent, très-éloignées l'une de l'autre, demande, pour être reconnue, un temps de plus en plus long, à mesure que le deuxième point excité est plus rapproché du premier.

On trouve pour limite :

1/62 de seconde avec le pouce et l'auriculaire d'une seule main.

1/43 de seconde, avec le pouce et l'index.

1/31 de seconde pour limite de la dissociation des deux secousses, lorsque le même point est excité deux fois de suite.

IV

Pour les chocs mécaniques, la durée de la persistance augmente, à mesure que la région explorée est moins exercée par le tact ordinaire. C'est à la pulpe des doigts qu'elle a son minimum :

1/45 de seconde.

V

Inversement, la sensation électrique persiste aussi longtemps, lorsqu'on expérimente avec les deux mains, que lorsqu'on reçoit les secousses sur les deux pieds.

La limite, dans les deux cas est de 1/83 de seconde.

VI

Les sensations électriques et tactiles diffèrent donc complétement les unes des autres au point de vue de la persistance.

VII

Il est probable que la cause de c
que les excitations tactiles et électriq
aux mêmes organes récepteurs.

VIII

Dans les expériences relatives à la pe
tions, on doit, quelque soit le mode d'ex
nir compte, avant tout, de l'observation s
« La durée de la persistance augmen
« fatigue produite par un certain nombre
« donc, dans chaque expérience, prendre d
« ou trois excitations. »

VI.

INSCRIPTION DES MOUVEMENTS D'EXPANSION ET DE RETRAIT DU CERVEAU CHEZ UNE FEMME PRÉSENTANT UNE VASTE PERTE DE SUBSTANCE DU PARIÉTAL GAUCHE,

par MM. BRISSAUD, interne des hôpitaux, et FRANÇOIS-FRANCK.

Le titre que nous donnons à cette note implique l'assimilation des mouvements du cerveau aux changements rhythmés de volume que présentent les tissus vasculaires et que l'un de nous a étudiés sur la main.

Les recherches spéciales entreprises sur les animaux ont, en effet, démontré le peu de valeur de l'argument sur lequel Bourgougnon s'était fondé pour nier les mouvements d'ensemble du cerveau dans la boîte crânienne incompressible, et il n'est plus possible aujourd'hui de douter de la réalité des changements de volume du cerveau en rapport avec les mouvements respiratoires et les battements du cœur.

Nous n'aborderons donc point ici une discussion désormais inutile, renvoyant pour les détails aux travaux les plus récents qui donnent un historique complet de la question (1).

(1) François-Franck. — Changements du volume de la main, etc., — Comptes rendus des travaux au laboratoire du professeur Marey. Mémoire I, 1876.

Ch. Salathé. — *Comptes rendus*, Acad. sc. 19 juin 1876.
— *Travaux du laboratoire de M. Marey*, mém. IX. 1876.
— *Thèse*, Paris 1877.

Giaccomini et Mosso. — *Comptes rendus*, Acad. sc. Paris, 3 janv. 1877.
— *Archivio per le Scienze mediche*. Turin 1877.

François-Franck. — *Journal de l'Anatomie et de la Physiol.*, mai 1877.

Ce sont ces mouvements alternati… que nous avons étudiés au mois d'a… de l'hôpital Saint-Louis, que le Dr … gés à examiner à l'aide des appareil… Cette femme était atteinte d'une s… désordres consignés dans son observat… l'Anatomie, mai 1877), avait produit … gauche presque tout entier. La plaque … ment détachée, on avait sous les yeux u… geonnante formée par la dure-mère et… furent très-faciles à transmettre à un ta… gistreur.

L'appareil explorateur que nous avons … mère consistait en un large tambour méta… membrane de caoutchouc très-souple qui … lie, grâce à un léger ressort à boudin so… capsule métallique. Sur cette membrane é… liége qui portait un disque de métal as… cueillir les mouvements du cerveau sur une g…

RÉSULTATS DE L'EXPLORATION.

§ 1. Rapports des oscillations respiratoires du … phases de la respiration.

En considérant les rapports qui existent en… tions du volume du cerveau et les mouvements … on voit que ces rapports sont soumis aux mé… commandent les variations d'origine respiratoire…

(1) Il n'est pas hors de pr… le mode de fixation de cet a… tête, car les physiologistes … gistré les mouvements du … éprouvé quelque embarras à n… plorateur; de plus il est fort i… l'appareil ne puisse pas être … que les changements de niveau … restent comparables entre eux … rents moments des expériences. … ci-joint montre la disposition … reil.

Fig. 69.

dans un autre organe, comme la main. L'identité des causes qui produisent ces changements de volume est assez évidente, pour que nous nous contentions de rappeler que l'influence de la respiration sur le degré de turgescence d'un organe vasculaire est liée au degré de l'aspiration thoracique : cette aspiration augmentant pendant l'inspiration, accélère le cours du sang veineux vers la cavité thoracique et ralentit l'issue du sang artériel : de cette double influence résulte nécessairement une diminution de volume du tissu exploré.

Pendant l'expiration, les conditions inverses se trouvant réalisées, l'aspiration thoracique diminuant, une quantité plus grande de sang veineux est retenue à la périphérie et l'afflux du sang artériel y est plus énergique : d'où, pendant l'expiration, l'augmentation de volume des organes situés hors du thorax.

La figure suivante montre ces alternatives d'augmentation

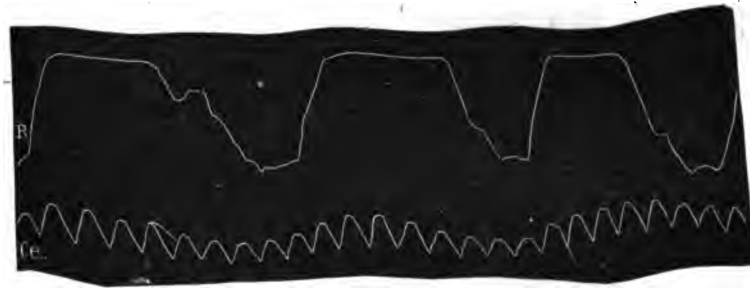


Fig. 70. — Courbes respiratoires thoraciques (l'expiration correspond à la partie ascendente de chaque courbe). Ce, changement de volume du cerveau en rapport avec les mouvements respiratoires.

et de diminution de volume dans le cerveau pendant l'expiration et pendant l'inspiration.



Fig. 71. — R, courbes des respirations thoraciques recueillies avec le pneumographe. Ce, Mouvements du cerveau ; ils ne présentent plus les oscillations respiratoires que l'on constate dans la figure précédente.

La figure 70 montre les oscillations respiratoires des c[…] gements de volume du cerv[…] quand la respiration est ampl[…] l'entrée de l'air un peu génée.

Si, au contraire, les mo[…] ments respiratoires sont sup[…] ciels, l'accès de l'air dans [les] voies respiratoires restant fa[…] les influences de la respiratio[n] traduisent à peine sur la circ[…] tion périphérique ou même [ne] s'accusent plus du tout.

C'est ce qu'on observe dan[s la] figure 71, recueillie sur la m[…] malade pendant qu'elle resp[…] très-doucement.

Nous reproduisons ici une fi[…] du Mémoire publié l'année […] nière sur les *changements du vo[lume] de la main* (fig. 72) : on peut […] lement se rendre compte de […] ténuation des effets mécani[…] de la respiration quand cel[…] s'exécute librement et douce[ment] (moitié gauche de la figure) […] apprécier l'influence considér[…] de ces mouvements respirat[…] quand il existe un obstacle à […] trée et à la sortie de l'air (m[…] droite de la figure).

C'est pour les motifs que […] venons d'indiquer, que les b[…] ments des fontanelles chez le[…] fants ne sont pas combinés […] oscillations respiratoires pen[dant] le sommeil, la respiration […] calme et superficielle (Voy. […] lathé. *Mém. cité*).

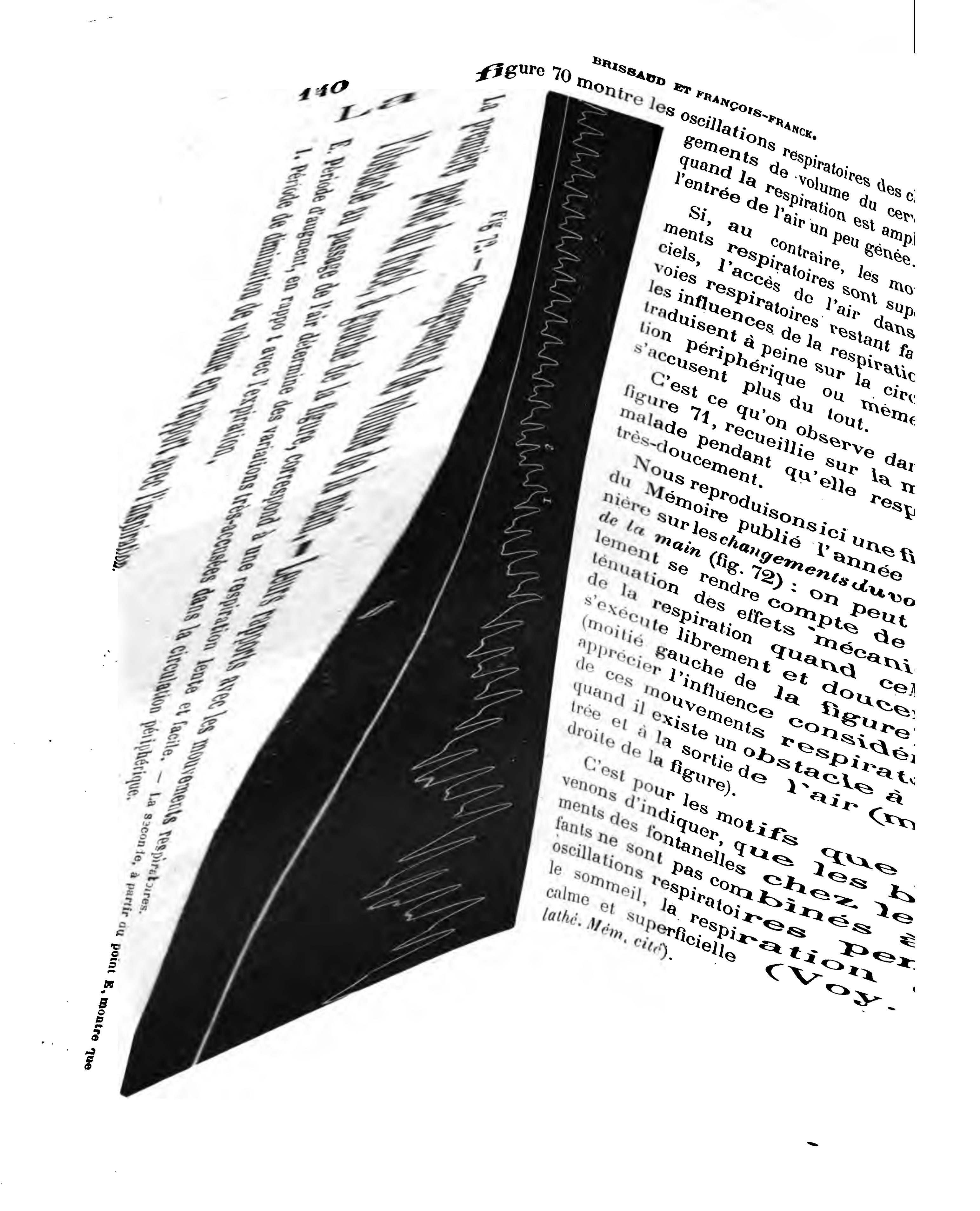


Fig. 72. — Changements de volume de la main. — Leurs rapports avec les mouvements respiratoires. La première partie du tracé, à gauche de la figure, correspond à une respiration lente et facile. — La seconde, à partir du point E, montre que l'obstacle au passage de l'air détermine des variations très-accusées dans la circulation périphérique.

E. Période d'augment, en rapport avec l'expiration.

I. Période de diminution de volume en rapport avec l'inspiration.

Influence de l'effort sur le volume du cerveau.

L'effort d'expiration, la glotte étant fermée, donne lieu à des modifications du volume du cerveau de tout point concordantes avec celles qu'on observe en même temps du côté des organes périphériques. (Voy. *Changements de volume de la main. Mém. cité.*)

Dans le cerveau comme dans la main, l'effort produit une grande augmentation de volume qui est due, comme l'ont établi les recherches de M. Marey (1), à la propulsion plus énergique du sang artériel vers les organes situés hors des cavités thoracique et abdominale.

La figure 73 montre bien l'augmentation du volume du cerveau chez la malade de l'hôpital Saint-Louis.

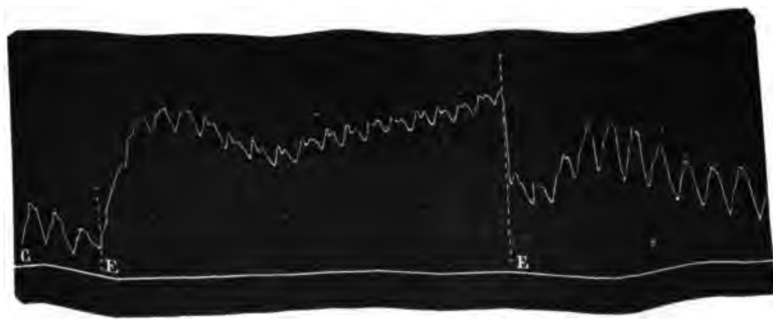


Fig. 73. — Augmentation du volume du cerveau pendant l'effort de E sur E. Pulsations plus fréquentes et dicrotes.

Ce tracé permet encore de constater la fréquence plus grande des pulsations d'origine cardiaque et leur diminution d'amplitude graduelle. Sans insister sur ce dernier point, nous rappellerons que M. Marey a montré qu'il fallait attribuer la moindre amplitude des pulsations artérielles pendant l'effort, au volume graduellement diminué des ondées envoyées dans les artères, le réservoir aortique se vidant de plus en plus. Il faut peut-être ajouter à ce défaut d'afflux artériel, que les vaisseaux du tissu exploré étant plus tendus à mesure que l'effort se prolonge, doivent subir des variations de calibre de moins en moins considérables, et par suite présenter des

(1) Marey, *Physiologie méd. de la circul. du sang*, Paris, 1863.

pulsations graduellement atténuées. C'est ainsi qu'en pr geant l'effort, on peut arriver à la suppression du pouls une artère quelconque, dans la temporale, par exemple, qu'il soit nécessaire d'invoquer, pour expliquer la dispar des pulsations dans cette dernière artère, la compressio tronc carotidien par gonflement de la glande thyroïde, co l'ont fait MM. Magnien et Guyon.

Dans les conditions ordinaires de l'effort (*Voy.* fig. 73 voit le niveau de la courbe qui indique l'augmentatio volume de l'organe (cerveau, main, etc.,) s'abaisser avan l'effort ne soit suspendu, et quoique cet effort soit main au même degré de pression manométrique. La raison e dans l'affaissement progressif de l'aorte et dans la dimin des ondées envoyées par le cœur. Aussi, pour mainte volume du cerveau, par exemple, au même niveau pen toute la durée de l'effort, faut-il compenser par un renf ment de l'effort cette diminution de l'afflux sanguin. C'e qui a été fait dans l'expérience dont la figure 73 donn exemple : sur notre invitation, le malade a augmenté effort au moment où la ligne commençait à s'abaisser. A tir de ce moment, la ligne est redevenue ascendante jus ce que l'effort ait brusquement cessé.

Nous comparerons rapidement les phénomènes cir toires périphériques quand l'effort s'exerce sur une gr quantité d'air emmagasinée dans la poitrine, grâce à une inspiration préalable, et ceux qui se produisent quand fort se borne presque à un acte musculaire, la poitrine ne tenant qu'une faible quantité d'air à comprimer : de cette c paraison résultera une nouvelle preuve en faveur de la the de l'effort telle que l'a formulée M. Marey.

Notre malade, invitée à faire un effort, ne saisissait toujours l'instant qu'on peut appeler physiologique, c'e dire la fin d'une grande inspiration, pour fermer la glot contracter les muscles abdominaux : aussi nous a-t-elle vent fourni des exemples d'efforts à peu près inefficace point de vue de la propulsion du sang vers la périphér de l'augmentation de volume du cerveau. Voici l'un des tr recueillis dans ces conditions. (Fig. 74.)

Dans cet exemple, on voit que les actes musculaires

l'effort n'ont été exécutés qu'après l'expulsion presque totale de l'air contenu dans les poumons : aussi l'effet a-t-il été presque nul sur le volume du cerveau.



Fig. 74. — Faible augmentation du volume du cerveau CE, pendant un effort E2 qui s'est effectué à la fin d'une expiration comme l'indique la courbe du pneumographe R.

Au contraire, dans l'exemple suivant (Fig. 75), on peut constater que l'effort, quoique modéré comme énergie (beaucoup moins intense que celui de la page 141), a cependant produit une augmentation très-notable du volume du cerveau, précisément parce qu'il a été exécuté dans la condition de la plus grande efficacité, c'est-à-dire sur une masse d'air introduite dans la poitrine par une grande inspiration préalable.

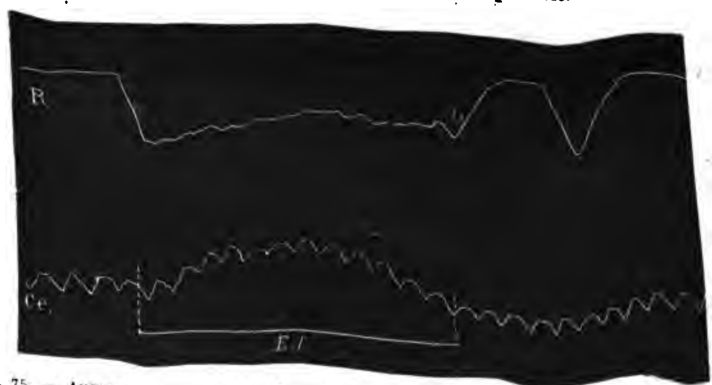


Fig. 75. — Augmentation notable du volume du cerveau CE pendant un effort modéré E1 exécuté après une inspiration profonde 1. Courbes respiratoires du pneumographe R.

Du reste, nous nous plaçons tous dans ces conditions d'effort efficace, et cela d'une façon tout instinctive, quand nous nous

préparons à exécuter un acte musculaire énergique : faisons toujours précéder l'effort d'une grande inspira La malade ne faisait ces efforts anormaux que parce q troublait l'enchaînement ordinaire de ces actes en attiran attention sur leur succession.

Influence de la compression des veines du cou sur le volume du cerveau (1).

La compression des jugulaires à la base du cou a d miné, dans le volume du cerveau de notre malade, des nomènes comparables à ceux que la compression circu du bras produit dans le volume de la main. Le sang vei s'accumulant dans l'organe en produit la distension. Mais il y a lieu de faire remarquer qu'on n'obtient pas comprimant les jugulaires, une augmentation de volum cerveau proportionnellement aussi considérable que celle produit dans la main la compression des veines avec le dage de la saignée.

Cette différence peut tenir, sans doute, à ce que la comp sion des jugulaires ne suffit pas pour entraver compléter le retour du sang veineux, d'autres voies permettant en au sang de se déverser dans les veines intra-thoracic Mais cette réserve ne nous parait pas suffisante pour re compte d'une différence aussi considérable. Nous pensons le reflux du liquide céphalo-rachidien, fuyant du crâne le rachis quand le cerveau devient turgescent, doit nous rober l'indication vraie de la mesure dans laquelle la veineuse cérébrale produit l'augmentation du volume du veau, et ne nous permet de saisir qu'une différence, et un effet total.

Au contraire, dans l'exploration de la main nous ne vons manquer de saisir l'effet de la compression vein dans son ensemble : l'eau du bocal dans lequel la main plongée ne peut fuir que dans un seul sens : étant dépl

(1) Nous laisserons complètement de côté les effets de la compression d rotides, n'ayant pas réussi à exercer sur notre malade la compression d vaisseaux sans comprimer en même temps les jugulaires.

par la turgescence de la main, elle ne peut que monter dans l'ampoule à changements de niveau; aussi l'appareil enregistreur en rapport avec cette ampoule, nous fournit-il l'indication de l'augmentation de volume complète.

Nous ne pouvons que renvoyer au mémoire déjà cité sur les ***changements du volume de la main*** pour les détails de cette comparaison, et nous nous contenterons de donner ici une figure qui montre le niveau des variations de volume du cerveau avant la compression des jugulaires, son niveau pendant cette compression, et quand elle a cessé.

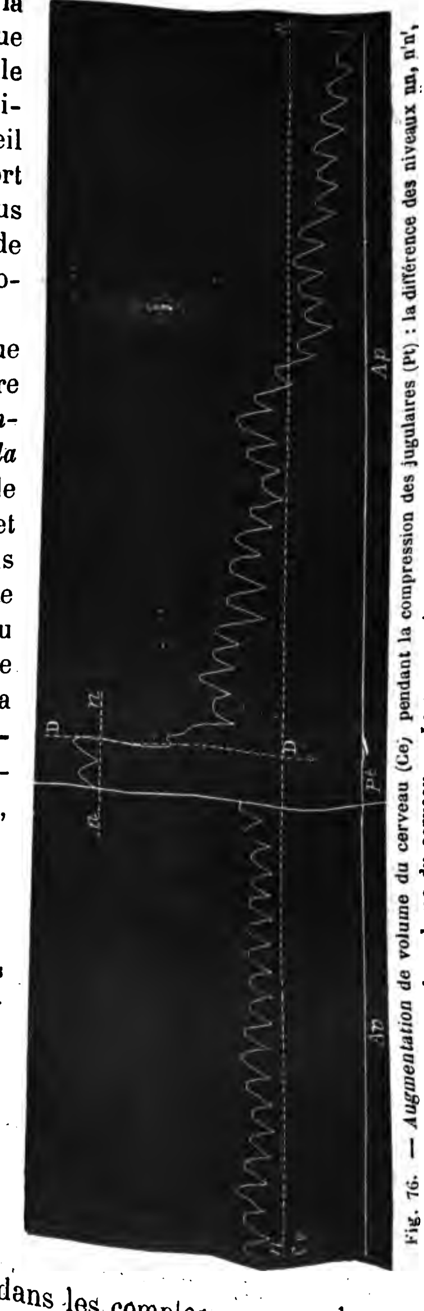


Fig. 76. — *Augmentation de volume du cerveau (Ce) pendant la compression des jugulaires (Pt) : la différence des niveaux nn, n'n', exprime l'augmentation de volume du cerveau.* — **La compression cesse en DD et on voit le cerveau s'affaisser après cette décompression (Ap) au-dessous du niveau qu'il occupait avant la compression Av.**

Influence des attitudes sur le volume du cerveau.

Ce sujet devant être étudié par M. Salathé, et faisant une suite naturelle à ses recherches publiées l'année dernière dans les comptes rendus du Laboratoire, nous ne donnerons ici les résultats observés sur notre malade, que comme appoint à l'étude, au fond fort complexe,

de l'effet des différentes attitudes sur l
lique. Quand la malade se lève, le niveau
comme l'indique la figure 77.

Fig. 77. — Affaissement du cerveau pendant la sta
s'est levée au début du trac

Est-ce là un simple effet de la pesante
retour du sang veineux, et luttant con
artériel, produirait, à elle seule, la dimi
cerveau? Nous pensons qu'on doit tenir
que faite à ce sujet par le professeur M
atteint d'une perte de substance du fron
cicatrice. M. Marey, ayant noté que cet
mait, devenait concave et dure dans la sta
que la colonne rachidienne du liquide so
çait une aspiration sur le contenu de la
et qu'on pourrait considérer cette colon
branche d'un siphon dont la courte bran
tée par la cavité crânienne et les artères
phale. — Il est certain que l'aspiration ér
la cicatrice frontale du malade qu'avait
et que l'un de nous a revu avec M. Salat
dans le service du professeur Broca, ne pe
action de la pesanteur sur le cours du sa

Notre malade de l'hôpital Saint-Loui
nous l'avons dit, les mêmes phénomène
cerveau quand elle passait de la station c
verticale.

Au contraire, quand elle inclinait en ava
sans cesser de respirer normalement, sa
men, le niveau de la dure-mère s'élevai
et formait une voussure dont le tracé sui
une idée, à cause du peu de sensibilité



Fig. 8. — **Turgescence du cerveau Ce, quand la malade incline la tête et le tronc en avant de E en E.**



Fig. 79. — **Augmentation du volume du cerveau sous l'influence de l'élévation des deux bras en E en E'. — Diminution quand la malade baisse les bras de E' en A.**

donner à nos appareils, vu l'amplitude considérable des tracés

Influence de quelques variations de la circulation péri[phérique] sur le volume du cerveau.

L'élévation des deux membres supérieurs faite g
ment, et sans que la malade modifiât sa respiration
lui soulevant les bras, produit une augmentation d
du cerveau très-appréciable, comme le montre la fig
Ici l'influence de la pesanteur, qui diminue l'afflu
artériel dans les vaisseaux des membres supérieur
rise le retour du sang veineux, produit, à elle se
mentation de volume que nous constatons dans le
les vaisseaux afférents de la tête constituent des vo
lement supplémentaires pour le sang qui pénètre
lement dans les artères des membres supérieur
lutter contre la pesanteur.

Une autre influence qui paraîtrait, au premier a
exercer une action considérable sur le volume du
sur la complexité de laquelle nous devons insiste
piration énergique du sang dans un membre infé
ventouse Junod.

Dans les expériences faites l'année dernière su
ments de volume de la main, il a été démontré
tion produite vers le cercle inférieur, à l'aide
Junod, déterminait une anémie considérable d
figure 80 suffit pour donner une idée de l'actio
la circulation de la main par l'aspiration du san
bre inférieur.

Nous devions nous attendre à observer
de volume comparable vers le cerveau en
dérivation sanguine identique vers le cercl
phénomènes cérébraux quelquefois inquiéta
nent dans cette expérience, les troubles de la
les nausées, etc., tous indices d'une anémie
s'ajoutaient à l'analogie pour nous faire adm
modification identique dans le cerveau et d

Voici cependant le résultat obtenu dan
l'aspiration avec la ventouse Junod, quan
les changements de volume du cerveau (fig

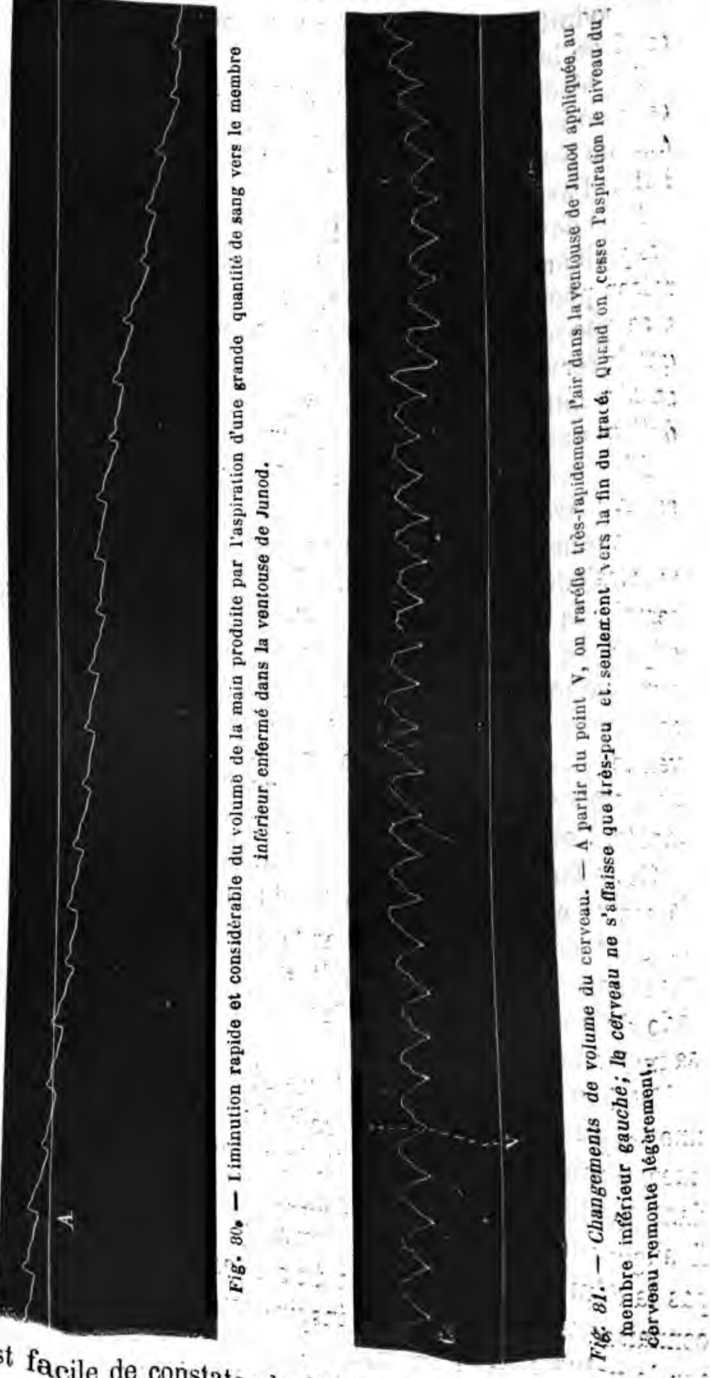


Fig. 80. — Diminution rapide et considérable du volume de la main produite par l'aspiration d'une grande quantité de sang vers le membre inférieur enfermé dans la ventouse de Junod.

Fig. 81. — *Changements de volume du cerveau.* — A partir du point V, on raréfie très-rapidement l'air dans la ventouse de Junod appliquée au membre inférieur gauche; le cerveau ne s'affaisse que très-peu et seulement vers la fin du tracé. Quand on cesse l'aspiration le niveau du cerveau remonte légèrement.

Il est facile de constater la différence qui existe entre l'ef-

fet produit par la même cause sur le v
celui de la main.

Le résultat brut de l'expérience, cerveau ne commence à diminuer que dis que celui de la main va rapideme but de l'aspiration.

Mais devons-nous nous retrancher d l'expérience, et nous borner à le cons raison pour laquelle ce résultat est en à ce que nous apprend l'observation p que le cerveau s'anémie tout aussi bie sa diminution de volume soit à peine s duit une abondante dérivation vers le c L'interprétation que nous proposerions est la suivante :

A mesure que l'aspiration exercée su soustrait du sang au cerveau, le liquide s remplir la place que laisse libre dans départ du liquide sanguin. C'est ainsi diminue pas pendant la première partie commence à diminuer que quand l'ané venue considérable, comme l'ont démo phénomènes accusés par notre malade ments, tintements d'oreilles, etc.).

Cet afflux compensateur du liquide so la cavité crânienne, à laquelle du sang procédé ou par un autre, nous parait ment compte d'un autre résultat observé lade de Saint-Louis et que Mosso avait sa malade de Turin.

Voici le fait : quand on demandait à l une inspiration prolongée, profonde, on nuer, comme on s'y attendait, le volume dant, le sujet en expérience exécutait bie il augmentait l'aspiration thoracique e pas la diminution de volume du cerveau connaissant les effets d'une inspiration pr sur le volume de la main.

Le cerveau ne nous semble, pas plus d

celui de l'aspiration avec la ventouse Junod, se séparer des autres organes. Nous pensons qu'ici encore, il faut tenir compte de ce facteur que nous négligions dans notre hypothèse, *l'afflux compensateur* du liquide céphalo-rachidien, qui doit intervenir toutes les fois qu'une cause agissant lentement, comme celles dont nous avons parlé, lui laisse le temps de manifester son effet.

Nous dirons, en terminant, que nous avons essayé de reproduire l'expérience faite par Mosso sur la malade de Turin, et qui consistait, dans l'esprit de l'auteur, à provoquer l'augmentation de volume du cerveau par un afflux sanguin exagéré pendant le travail cérébral. Nous avons bien constaté, comme Mosso, que le cerveau augmente de volume quand on fait faire à la malade un petit calcul de tête ; nous attribuons volontiers, nous aussi, cette augmentation de volume à l'exagération de la circulation encéphalique pendant l'expérience ; mais nous avons observé une telle modification dans la respiration pendant que se produisait l'augmentation du volume du cerveau, que nous croyons juste de faire nos réserves, et de ne pas subordonner, entièrement du moins, l'augmentation de volume du cerveau à l'activité cérébrale et à l'activité circulatoire qui l'accompagne à quelque titre que ce soit.

Cette réserve dans l'interprétation du phénomène nous est imposée par cette considération qu'une modification dans le rhythme respiratoire (la transformation d'une respiration large et facile en une respiration superficielle et incomplète), suffit, sans aucune participation de l'activité cérébrale, à produire une augmentation de volume du cerveau identique à celle que nous observons pendant le travail de tête.

Comme d'autre part, nous retrouvons cette même modification respiratoire pendant l'activité cérébrale, quand l'attention de la malade est fixée, nous nous demandons dans quelle mesure il est juste de considérer l'augmentation de volume du cerveau comme directement subordonnée à la suractivité circulatoire qui accompagne le travail intellectuel.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

L'inscription des mouvements du cerveau chez atteinte d'une perte de substance étendue des os nous a permis d'apporter quelques faits nouveaux à variations du volume des organes dans leurs ra la respiration et la circulation.

— Les doubles mouvements du cerveau dans l nienne, au sein du liquide céphalo-rachidien, son comparables à ceux que présente la main plong appareil de déplacement. (Voir *Mémoire sur les ch volume de la main*, t. II, 1876.)

— Les mouvements respiratoires modifient le cerveau comme celui d'un autre organe, en pro augmentation pendant l'expiration, une diminu l'inspiration. Mais, pour le volume des organes, la pression artérielle, ces rapports sont subordo respiratoire et peuvent être intervertis si les effets deviennent prédominants.

De plus, on n'observe d'oscillations resp quand les influences alternativement inverses de thoracique sont assez intenses : aussi ces osci montrent-elles pas quand la respiration est len

— L'effort produit une augmentation très-nota du cerveau, à la condition qu'il s'opère après u qui a emmagasiné une certaine quantité d'ai trine, fait qui ajoute un nouvel argument à l'effort telle que l'a formulée M. Marey.

— La compression des jugulaires à la bas mine une turgescence du cerveau qui sem considérable que celle que produit dans la m sion des veines au-dessus du pli du coude. C parait tenir à ce que la compression des jug prime qu'une partie des voies de retour pour céphale, mais surtout à ce que le liquide sou fuyant vers la cavité rachidienne, nous dér

vraie du degré de turgescence sanguine du cerveau, et ne nous permet de saisir qu'une différence, tandis que nous recueillons l'indication de l'effet total dans l'expérience sur la main.

— L'attitude verticale détermine une véritable aspiration sur le cerveau qui s'affaisse beaucoup plus que si la pesanteur seule intervenait.

— L'élévation des deux membres supérieurs favorise l'afflux sanguin dans les vaisseaux de l'encéphale et produit ainsi indirectement l'augmentation de volume du cerveau.

— L'aspiration d'une grande quantité de sang dans un membre inférieur avec la ventouse Junod, quoique déterminant des troubles évidents d'anémie cérébrale, ne fait pas cependant diminuer le volume du cerveau dans la même proportion que celui d'un autre organe comme la main.

La raison de cette différence nous paraît être dans un *afflux compensateur* du liquide sous-arachnoïdien qui vient occuper la place laissée vide par le sang. C'est encore à cette raison que nous attribuons le fait de la conservation du volume du cerveau pendant une inspiration, alors que la main diminue considérablement de volume sous la même influence.

— Nous croyons qu'il faut attribuer une très-large part aux modifications de la respiration dans les changements de volume que présente le cerveau pendant que l'attention est fortement fixée, et qu'il est difficile d'admettre avec Mosso que l'augmentation du volume du cerveau notée par lui et par nous pendant un calcul de tête, est seulement l'expression d'une activité circulatoire plus grande (1).

(1) Nous recevons, pendant la correction de cette feuille, un mémoire du docteur Fleming (de Glasgow) (*Glasgow medical Journal*, July 1877), sur les mouvements du cerveau chez l'homme. Les résultats des recherches de M. Fleming sont de tous points conformes à ceux que M. Salathé, MM. Giacomini et Mosso avaient indiqués et que nous avons nous-mêmes publiés dans le *Journal de l'Anatomie* (mai 1877).

VII.

RECHERCHES SUR LES TROUBLES CARDIAQUES PRODUITS PAR LES INJECTIONS INTRA-VEINEUSES D'HYDRATE DE CHLORAL (1),

par le Dr R. TROQUART.

I

Nous nous proposons de présenter dans ce mémoire les résultats d'un assez grand nombre d'expériences sur les *effets cardiaques des injections intra-veineuses de chloral.*

Nous avons laissé de côté les autres phénomènes produits par l'introduction de cette substance dans l'organisme, ces phénomènes étant beaucoup mieux connus, parce qu'ils ont surtout attiré l'attention des chirurgiens et des physiologistes préoccupés de l'action hypnotique ou anesthésique du chloral.

Nous devons à la bienveillance avec laquelle le professeur Marey a mis à notre disposition les ressources de son laboratoire, d'avoir pu appliquer à nos recherches les moyens d'analyse si précieux de la méthode graphique. Notre ami, le docteur François-Franck, après nous avoir communiqué les premiers résultats des études qu'il avait entreprises sur le sujet que nous traitons, nous a prêté son obligeant concours dont nous le remercions bien vivement.

(1) Le développement des recherches résumées dans ce travail a fait l'objet de la thèse inaugurale de l'auteur. (Th. Doct. Paris, 1877.)

Il n'insiste pas dans ce travail sur le mécanisme des arrêts respiratoires produits par les injections de chloral et qui sont étudiées dans le mémoire XI.

Lorsqu'on injecte dans le système ve
(chien, lapin, etc.) une quantité suffisante
tion, on ne tarde pas à voir se produire
de la respiration des phénomènes remarq
d'abord un arrêt de la respiration, suivi
du moins d'un grand ralentissement des
qués. Si l'on a soin de recueillir en même t
de la pression artérielle, on voit cette pres
blement, ses oscillations devenir rares ou
plétement.

Au bout d'un temps variable, les batte
étaient seulement ralentis, reprennent leur
s'il y avait eu arrêt plus ou moins prolong
ration est plus longue, et le cœur ne re
qu'après une série de troubles que nou
loin.

De leur côté, les mouvements respira
d'abord à peine perceptibles, puis, de plus
reprennent peu à peu, par une gradation
ractères normaux.

Les troubles cardiaques et respiratoire
ou moins prononcés, et se produire plus
après le moment précis de l'injection.

Plusieurs causes entraînent ces variatio
ral injectée ; le degré de concentration
chloral ; la distance, par rapport au cœur
laquelle on pratique l'injection ; la rapidit
tion, etc.

Un fait intéressant, et que nous avons co
consiste dans l'atténuation des effets con
injections successives. Si l'on pratique sur
tervalles peu éloignés, une série d'injection
cune, par exemple, on remarque que les eff
dernières sont beaucoup moins accentu
succédaient aux injections du début. Il y

d'accoutumance de la paroi interne du cœur, se produisant en vertu d'un mécanisme que nous discuterons plus tard.

Pour le moment, nous ne voulons établir qu'un fait; c'est que l'injection, par la voie veineuse, d'une dose suffisante de chloral produit toujours sur les animaux des troubles cardiaques, vasculaires et respiratoires qui varient selon les conditions dans lesquelles l'injection est pratiquée. Ces troubles inconstants apparaissent quelques secondes à peine après l'injection; ils en sont la conséquence *immédiate*.

Mais le chloral introduit dans l'organisme peut amener du côté du cœur et de la respiration d'autres accidents. Lorsque l'on a fait absorber à un animal une dose suffisamment élevée de chloral, soit par la voie stomacale, soit par injection sous-cutanée, soit enfin par une série d'injections intra-veineuses, cet animal tombe dans un sommeil profond, dans une période de résolution absolue. C'est alors que l'on voit survenir du côté des organes circulatoires et respiratoires les accidents *consécutifs* à l'absorption lente du chloral. Les premiers troubles étaient immédiats et se produisaient sous l'influence directe de l'injection; ceux-ci, au contraire, se montrent tardivement, spontanément pour ainsi dire, et sous l'influence de l'intoxication générale de l'organisme.

Ces considérations nous permettent d'établir deux divisions parmi les troubles observés : nous étudierons successivement les troubles cardiaques *primitifs*, succédant immédiatement à l'injection intra-veineuse de chloral, et les troubles cardiaques *consécutifs* à l'absorption du choral par telle ou telle voie.

RÉSUMÉ HISTORIQUE.

Avant d'aborder le côté expérimental de notre étude, nous passerons rapidement en revue ceux des travaux publiés sur l'action du chloral qui mentionnent ses effets cardiaques et respiratoires.

Lorsqu'on parcourt les nombreux travaux écrits sur l'hydrate de chloral, on est frappé d'un premier fait : presque tous les auteurs signalent des troubles cardiaques, respiratoires et vasculaires consécutifs à l'administration du médi-

mais bien peu insistent sur
et cherchent à étudier expériment
troubles fonctionnels.

Cependant, lorsque Liebreich, le
quait à l'Académie des sciences de
expériences sur des grenouilles, des
dès cette époque, les troubles circu
de signaler, et, poussant l'analyse p
auteurs qui ont écrit après lui, il c
phénomènes. Il ne s'est d'ailleurs pa
cation, et poursuivant ses expérience
sultats dans des publications plus ré
Liebreich reconnaît dès ses prem
chez les divers animaux qu'il soumet
la mort est produite par la paralysie
chez les grenouilles les battements
qu'à l'autopsie on trouve le cœur dis
Il essaie alors de localiser l'action ch
exactement quel est le tissu impressi
expériences, il arrive à cette conclus
sur le cœur par l'intermédiaire de
diaques.

Ainsi, presque du premier coup, L
grand pas à la question, et la voie
nouvelles recherches. Malheureuseme
rimentateur de Berlin fut peu suivi,
cherche parmi les nombreux travaux
l'action du chloral, une étude suivie
diaques indiqués.

En octobre 1869, parut dans la *Gaze*
ticle de MM. Léon Labbé et Goujon, c
signalèrent le résultat de nombreuses ex
faites à l'aide du chloral sur des ani
chiens, lapins, rats, oiseaux et grenou
duit le chloral dans l'organisme par

(1) Os. Liebreich. *Action du chloral sur l'écon*
oct. 1869. *Hydrate de chloral, traduit par Levaillant*
Strychnine antidote du chloral. (C.-R. Ac. sc.,

1° par le tube digestif (estomac, rectum) ; 2° par injections sous-cutanées ; 3° enfin, les premiers, ils avaient songé à utiliser la voie veineuse. Ils constatèrent toujours les mêmes phénomènes, à savoir que, sous l'influence du chloral, les animaux tombaient dans la résolution la plus complète ; qu'il y avait un abaissement de température d'un degré et plus, chez les animaux ainsi endormis ; que les battements du cœur devenaient d'abord très-tumultueux, la respiration très-accélérée, mais qu'en 3 ou 4 minutes les fonctions troublées se régularisaient. Enfin, ils signalèrent deux faits sur l'exactitude desquels nous aurons à revenir plus loin ; c'est que la mort se produit d'une façon lente par ralentissement graduel des mouvements respiratoires et du cœur ; que le cœur continue à battre longtemps après que la respiration a cessé.

Les faits rapportés dans ce travail sont, on le comprend, de la plus haute importance, puisqu'ils confirment l'exactitude des phénomènes observés par Liebreich et, en second lieu, signalent les résultats obtenus par une nouvelle voie d'introduction dans l'organisme, la voie intra-veineuse.

Cette même année, M. Carville soulevait à la Société de Biologie la question du chloral, et montrait des tracés prouvant que l'élévation de pression artérielle consécutive au pincement d'un nerf sensible ne se produit plus sur un animal chloralisé.

Mais il faut arriver en 1872 pour voir avec M. le professeur Oré (de Bordeaux) la question du chloral se présenter sous un nouveau jour. Dès 1869, MM. Labbé et Goujon avaient pratiqué des injections intra-veineuses de chloral. M. Oré reprit ces expériences et à la suite des résultats qu'il observa sur des chiens, il put formuler cette conclusion : « Le chloral, injecté dans les veines, constitue le plus puissant de tous les anesthésiques. » Mais ce n'est qu'en décembre 1872 que M. Oré fut amené, « par une heureuse témérité, » suivant l'expression de M. Vulpian, à pratiquer les injections chez l'homme (1).

(1) La première opération de ce genre, tentée sur un malade de M. Douaud, est consignée avec détails dans une brochure de M. Oré publiée en 1873 (*).

(*) Oré, *Des injections intra-veineuses de chloral*, 1873.

Tandis que M. Oré cherche à faire entrer
les injections intra-veineuses, M. le profess
ses cours à la Faculté de médecine (1872-73
sultat de ses expériences commencées dès 1
sortir les effets toxiques du chloral sur le c
sur ce sujet dans ses Commentaires de thérape
vaux ont contribué à bien établir l'action paral

Au point de vue de l'action du chloral sur le système nerv
nesthésie auquel on peut arriver, et de la rapidité des résu
observations rapportées dans ce travail offrent le plus granc
y trouve peu de renseignements sur la question que nous
y étudier, et l'auteur n'y signale qu'en passant les phénom
vasculaires et respiratoires observés. Il est vrai que les trou
qui accompagnent d'une façon constante l'injection intra-vei
étant très-passagers, ne peuvent être que difficilement observ
lade, où l'on n'a pas toujours sous la main les instruments
permettent une exploration rigoureuse sur les animaux.

Cherchons cependant à retrouver dans les observations de M.
tions des phénomènes signalés dans le cours de cette thèse.

« A la fin de la première injection qui avait duré deux mi
(3 gr. chloral), le malade fut pris de toux quinteuse; la respira
née. Mais tous ces phénomènes que j'ai toujours observés d
riences sur les animaux ne durèrent pas plus de deux minutes;
avant l'injection, marquait 92 pulsations, descendit presque in
à 80, 76, 72, 65.
Dans toutes les injections suivantes, qui sont au nombre de
même sujet, M. Oré constate les mêmes phénomènes, gêne respira
tissement du pouls, etc.

Dans une observation d'injection intra-veineuse, pr
M. Oré le 9 février 1873, voici ce que je relève : « Injection d'un
de 3 gr. de chloral. Aussitôt le malade présenta une série de phén
marquables qui se reproduisent constamment aussi bien dans les e
de laboratoire que sur l'homme. Il accuse, en effet, une sensation
rement général dans tout le thorax; il se plaint; il répète qu'il va m
côtes sont immobiles, la face cyanosée. Après une demie, une, deux
au plus, cet ensemble de phénomènes si inquiétants en apparence
pour faire place au calme. Je continuai à pousser l'injection, toujou
ment, ce qui amena les mêmes accidents, suivis bientôt du même calm

Ces citations, je pourrais multiplier, seront suffisantes pour dé
que les accidents immédiats, consécutifs à l'injection intra-veineuse de
observés chez les animaux, ont été observés également chez l'homme.
en observateur attentif, ne pouvait les méconnaître. Il en a été tellement
que, quelques lignes plus loin, il ajoute : « J'ai insisté à dessein sur le
ticularités qui accompagnent l'injection intra-veineuse de chloral, afin d
surer ceux qui, faisant pour la première fois, pourraient se laisser in
sionner par un ensemble de symptômes, qui est, je le reconnais, de nat
effrayer, quand on n'en a pas été souvent témoin. »

ral sur le cœur, aussi les auteurs qui ont écrit ensuite sur ce médicament, purent-ils insister sur ces troubles, vérifiés du reste par Horand et Peuch dans une série d'expériences dont les résultats sont consignés dans la *Gazette médicale de Paris*, 1873.

Nous arrivons maintenant à une publication remarquable. Il s'agit de deux leçons professées à l'École de médecine par M. Vulpian et insérées dans le *Journal de l'Ecole* (1874). L'action physiologique du chloral y est abordée sous son véritable jour (1).

En 1875 parurent les leçons du professeur Cl. Bernard sur les anesthésiques. Dans le chapitre qui traite du chloral, M. Cl. Bernard fait remarquer que si la dose injectée est un peu forte et si l'injection est faite rapidement, on tue subitement l'animal. Il attribue la mort à un arrêt du cœur, « comme si ce muscle était directement atteint par l'arrivée du chloral au contact de sa surface interne. » M. Bernard a étudié, en outre, l'action combinée du chloral avec la morphine ; il a reconnu que ces deux agents augmentent le sommeil, que leur effet hypnotique est plus considérable. Mais il ne signale pas

(1) M. Vulpian, qui employait dans son laboratoire le chloral pour produire sur des animaux une anesthésie absolue, nécessaire à certaines vivisections délicates, avait fait de nombreuses observations sur l'action physiologique du médicament. Il avait remarqué les grands troubles fonctionnels consécutifs à l'introduction brusque ou trop considérable de chloral dans l'organisme, et il rapporte fidèlement dans son cours le résultat de ses observations. Il signale très-nettement les arrêts du cœur et de la respiration, les accidents qui peuvent en être la conséquence et, s'avançant sur le terrain physiologique plus loin que ses devanciers, il recherche par quel mécanisme se produisent ces accidents. Il émet à ce sujet plusieurs théories sur la valeur desquelles nous n'avons pas à nous prononcer ici, mais dont nous tiendrons le plus grand compte dans la dernière partie de cette thèse. En résumé, les leçons de M. Vulpian nous paraissent constituer le travail le plus complet et surtout le plus exact qui ait été publié jusqu'ici sur l'action physiologique du chloral.

Dans quelques mémoires étrangers, parus à peu près à la même époque, on trouve des indications très-précises sur ces troubles. C'est ainsi que Rokitansky (*Stricker's Jarbucher*, 1874) reconnaît, après Gubler, que le chloral est un poison du cœur. Mais un des premiers il nous paraît avoir bien apprécié les phénomènes consécutifs à l'injection intra-veineuse. Il déclare, en effet, que lorsqu'on injecte dans le système vasculaire une solution de chloral suffisamment concentrée, l'animal périt par arrêt du cœur, et que cet arrêt est produit par action immédiate sur l'appareil nerveux moteur du muscle cardiaque.

l'atténuation des troubles cardiaques
marquer à la suite de l'association d
Postérieurement aux leçons de M.
la *Rivista clinica di Bologna* (1875) u
Fogliata, relatif aux injections intra-v
ces auteurs cherchent à faire ressorti
méthode. Ils admettent, après Gubler
chloral constitue un poison primitif du co
mort par arrêt en diastole forcée; mais qu
provoquant une contracture de la fibre
lieu dans ces conditions à un arrêt systol
sont parfaitement exactes, et nous verron
suivants que le chloral agit d'une façon
le cœur, suivant qu'il en atteint les éléme
nerveux.

La même année, fut publiée une leçon du
l'on trouve des faits importants, relativer
chloral sur le cœur détaché de l'animal. Le
Cyon indique les résultats qu'il a obtenus e
circulations artificielles sur des cœurs de gre
tré que l'arrêt du cœur déterminé par le pa
additionné de chloral se suspend quand on
nouveau du sérum normal.

CHAPITRE PREMIER.

Expériences.

Nous donnerons, en commençant l'exposé de nos expériences, un spécimen complet des troubles cardiaques, respiratoires et vasculaires qui suivent presque immédiatement l'injection intra-veineuse du chloral.

On voit dans la figure suivante (fig. 82) que l'injection faite en I est suivie au bout de 9 secondes d'un arrêt complet de la respiration; les battements du cœur, ralentis à partir du même moment, se suspendent complétement pendant une demi-minute et la pression artérielle subit une chute graduelle de 15 (moyenne) à 4 C. Hg. La réparation se fait ensuite graduellement, les mouvements respiratoires reparaissent les premiers (1).

Mais cette réparation peut manquer, et l'arrêt du cœur être définitif. On observe surtout cet accident quand l'injection d'une forte dose de chloral a été faite brusquement et que l'arrêt du cœur est survenu tout d'un coup, sans être précédé du ralentissement qui s'est montré dans l'expérience que nous venons de citer.

Il était indispensable de pousser plus loin l'analyse des troubles de la fonction cardiaque et de ne pas se contenter

(1) Ces divers troubles se montrent-ils également chez l'homme? Il est permis de le supposer quoique nous ne possédions pas de renseignements bien précis sur ce sujet. Dans les observations du professeur Oré qui ont été citées dans notre résumé historique, il est indiqué que les malades soumis aux injections intra-veineuses de chloral, faites avec la prudence voulue, ont présenté des accidents analogues, gêne ou arrêt de la respiration, immobilisation du thorax, ralentissement des battements du cœur

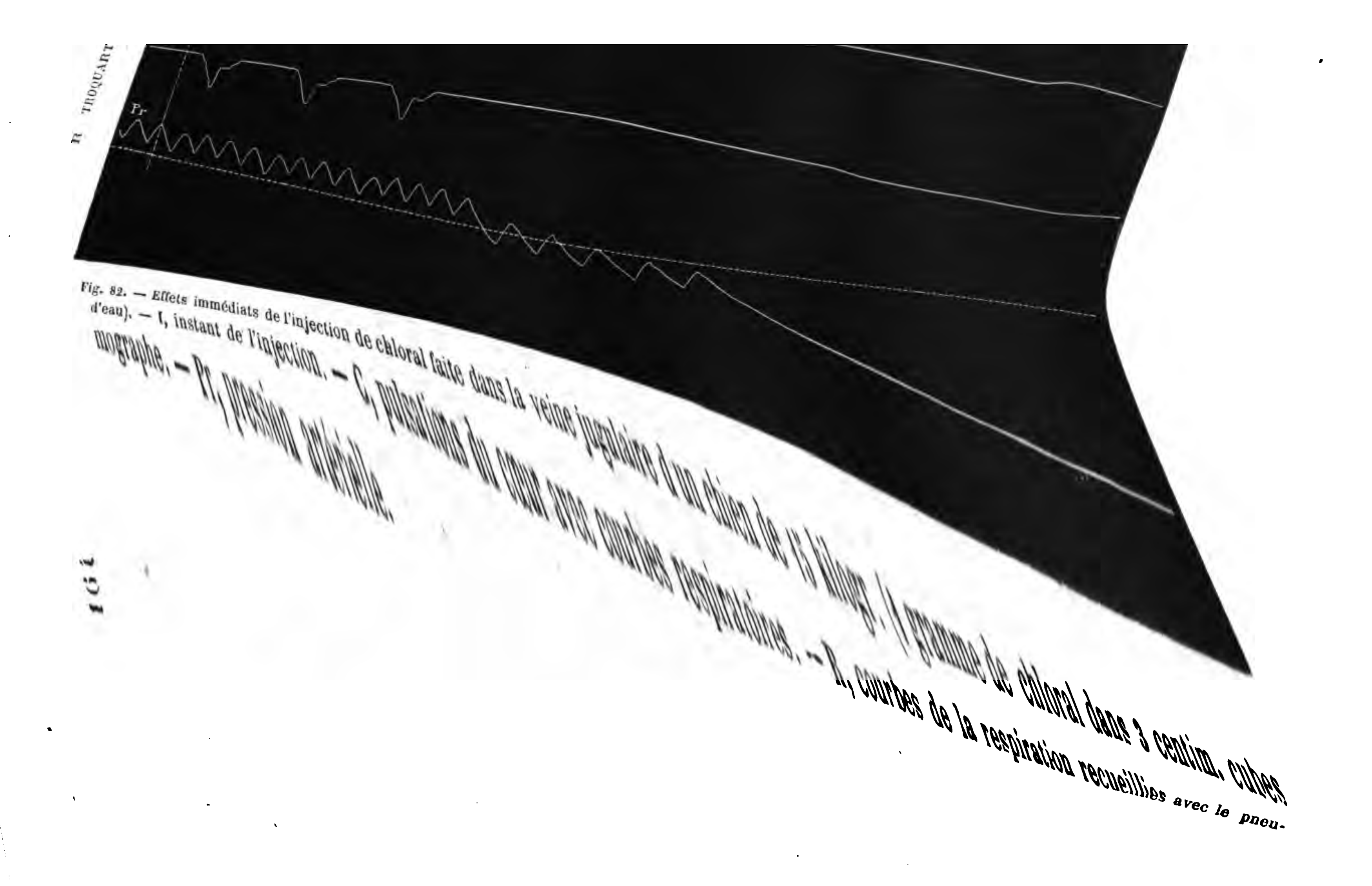


Fig. 82. — Effets immédiats de l'injection de chloral faite dans la veine jugulaire d'un chien de 15 kilogr. (1 gramme de chloral dans 3 centim. cubes d'eau). — I, instant de l'injection. — C, pulsations du cœur avec courbes respiratoires. — R, courbes de la respiration recueillies avec le pneumographe. — Pr, pression artérielle.

de noter le ralentissement ou l'arrêt des pulsations. Comment s'opère la réplétion de ce cœur ralenti; dans quelle mesure s'opère son évacuation? C'est à cette double question que nous allons répondre en utilisant pour la résoudre l'examen des changements du volume du cœur chez l'animal vivant.

M. François-Franck, qui a fait cette année de nombreuses expériences sur les variations du volume du cœur dans leurs rapports avec ses réplétions et ses débits, expose avec détail, dans le mémoire n° VIII, le procédé opératoire qu'il emploie et les résultats de ses recherches. Nous ne dirons donc ici que ce qui est essentiel pour l'intelligence des résultats que nous allons présenter.

Les ventricules recevant du sang pendant leur diastole augmentent de volume et occupent une plus grande partie de la cavité péricardique. Si donc on met cette cavité en rapport avec un tambour à levier inscripteur, par un tube fixé à l'extrémité inférieure du péricarde, l'augmentation diastolique de volume du cœur se traduira par une courbe ascendante dont les hauteurs successives seront proportionnelles aux gonflements graduels des ventricules, du début à la fin de leur diastole.

Réciproquement, les ventricules, évacuant pendant la systole la totalité ou une partie de leur contenu dans les artères, présentent une diminution de volume qui correspond à la quantité de sang expulsée : la courbe tracée par la plume du tambour en rapport avec la cavité péricardique est donc descendante, et exprime par la hauteur de ses ordonnées la valeur de l'évacuation ventriculaire.

Si l'on compare une série de courbes d'augmentations diastoliques de volume, on peut donc juger des réplétions du cœur dans une série de révolutions successives ; de même on peut comparer dans une série de pulsations les évacuations entre elles et apprécier les valeurs relatives des débits ventriculaires.

En appliquant ce nouveau moyen d'étude à la recherche des modifications apportées à la fonction cardiaque par l'injection de chloral, nous allons acquérir un certain nombre de

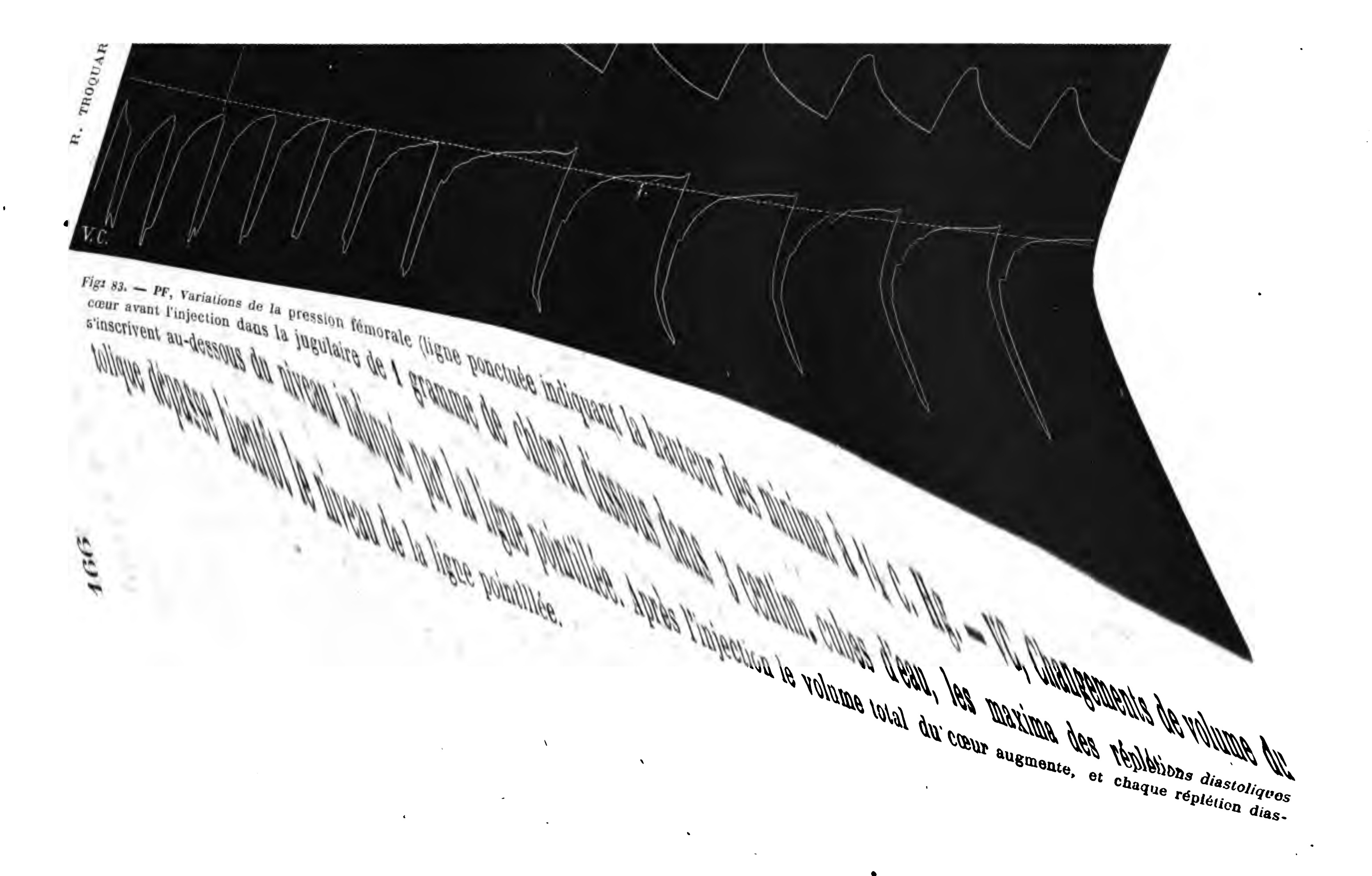


Fig. 83. — PF, Variations de la pression fémorale (ligne ponctuée indiquant la hauteur des minima à 1/4 c. Hg). — VC, Changements de volume du cœur avant l'injection dans la jugulaire de 1 gramme de chloral dissous dans 3 centim. cubes d'eau, les maxima des réplétions diastoliques s'inscrivent au-dessous du niveau indiqué par la ligne pointillée. Après l'injection le volume total du cœur augmente, et chaque réplétion diastolique dépasse largement le niveau de la ligne pointillée.

données importantes que ne nous fournissait pas l'examen des pulsations cardiaques toutes seules.

Voici le résultat de l'une des expériences faites à l'aide de ce procédé (fig. 83).

Un chien de 15 kilogrammes, ayant la moelle coupée, et soumis à la respiration artificielle, est préparé pour l'inscription simultanée des changements du volume du cœur et des variations de la pression fémorale.

L'injection dans la jugulaire de 1 gramme de chloral dissous dans 3 centimètres cubes d'eau étant faite en I, on voit le cœur se ralentir considérablement et la pression artérielle s'abaisser de 14 C. Hg. à 6 C. Hg.

En même temps qu'il se ralentit, le cœur présente une augmentation graduelle de volume qui est démontrée par l'élévation progressive des maxima des réplétions diastoliques. Avant l'injection, les réplétions étaient accusées par des courbes ascendantes n'atteignant pas la ligne pointillée de la figure; aussitôt après, cette ligne est atteinte et bientôt dépassée.

Si nous cherchons à nous expliquer comment se produit l'augmentation graduelle du volume du cœur que nous constatons ici, nous pouvons nous assurer tout d'abord que ce n'est pas par défaut d'évacuation que le cœur reste gorgé. Chacune de ses systoles, en effet, s'accompagne, comme il est facile de s'en assurer sur le tracé précédent, d'une évacuation très-notable, plus considérable même qu'avant l'injection. Mais, en considérant les phases diastoliques, nous voyons que c'est à leur grande lenteur qu'est due l'augmentation graduelle de volume observée : le sang a le temps d'affluer dans les cavités ventriculaires en plus grande quantité qu'à l'état normal.

Dans un certain nombre de cas correspondant à des injections très-brusques de fortes doses de chloral, nous notons au contraire que les systoles ne suffisent pas à vider les ventricules entre deux afflux diastoliques. Le cœur alors se gorge considérablement, et, très souvent, après cette période de distension rapide, s'arrête définitivement.

Nous donnons ici un exemple de cette phase d'engorgement précédant l'arrêt du cœur (fig. 84).

L'injection faite en I dans la jugu
cardiaques qu'au bout de 14 seconde
reçu 3 grammes de chloral en deux f
cœur deviennent irréguliers, mais se

Fig. 84. — P. F. Pression fémorale. — V. C. Changements du volu
jection de 2 gr. de chloral dans la jugulaire (3e injection sur
15 kilogr.). — On arrête le tracé au niveau de la ligne pleine v
cardiaques qu'on remarque à droite de cette ligne se sont montr
l'injection. — Engorgement graduel des cavités cardiaques; éva
moins complètes qu'avant l'injection.

par la diminution des évacuations systoliques.
que, les réplétions étant abondantes, le cœur res
l'élévation des courbes des changements de volu
sus de la ligne de niveau qui correspondait d
maxima des réplétions, montre bien cet engorgem
dant cette période, la pression artérielle, de 17, e
successivement à 8, 7, et 5 C. Hg.

Cette diminution des ondées systoliques qui entraî
part, la permanence et l'augmentation de la disten
cavités cardiaques, d'autre part, l'abaissement de la pres
térielle, se montre très-manifeste dans le tracé suivant (f

Nous venons de passer en revue un certain nom
troubles produits dans la fonction cardiaque par l'injection
à peu de distance du cœur, de fortes doses de chloral. L
différents troubles, l'arrêt diastolique est le plus frap
Avant d'en étudier le mécanisme, nous devons compléter

renseignements que nous a fournis l'exploration directe de l'organe, en montrant que les oreillettes continuent à se contracter pendant l'arrêt ventriculaire.

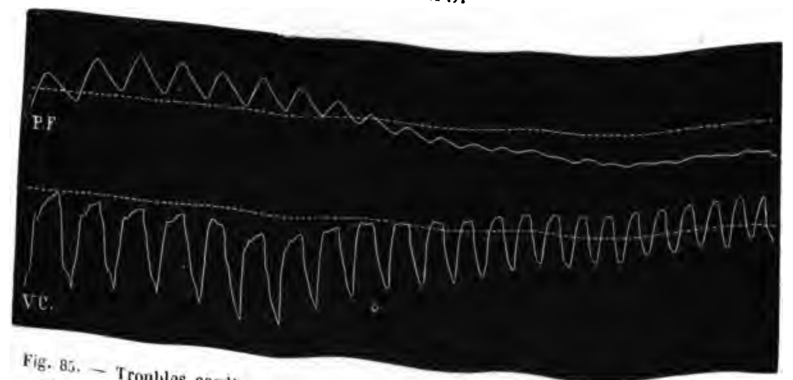


Fig. 85. — Troubles cardiaques produits par une injection de chloral (2 gr. chl., 4 gr. eau) faite au début du tracé. — Chien ayant déjà reçu 5 grammes chloral. Le cœur ne se ralentit plus, mais reste gorgé (VC) et ses systoles fournissent des ondées artérielles de plus en plus faibles. — P. F., pression fémorale.

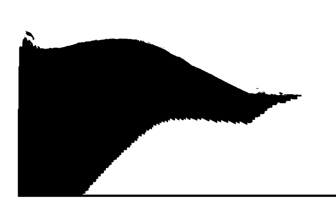
Le simple examen du cœur sur un animal à moelle coupée et soumis à la respiration artificielle, suffirait à la constatation du phénomène. Mais la démonstration en est plus précise quand on inscrit à la fois les mouvements du cœur et les variations de la pression artérielle.

C'est ce qui a été fait dans l'expérience qui a fourni le double tracé de la figure de la page suivante (fig. 86.)

On voit dans cette figure les pulsations du cœur (PC) se suspendre après l'injection de 1 gr. de chloral faite en I dans la veine jugulaire. — Les ventricules sont arrêtés en diastole, et s'engorgent graduellement pendant que les oreillettes continuent leurs systoles, comme l'indiquent les petits soulèvements du tracé cardiaque. Pendant ce temps-là, les artères ne reçoivent plus d'ondées, et la pression artérielle (P.F. pression fémorale) tombe sans présenter de variations.

C'est à cette persistance des systoles des oreillettes que nous devons rapporter, en grande partie, la distension graduelle déjà notée des cavités ventriculaires pendant leur arrêt diastolique.

La réparation des accidents cardiaques immédiatement consécutifs à l'injection intra-veineuse de chloral est la règle ; dans



quelques conditions cependant, l'arrêt

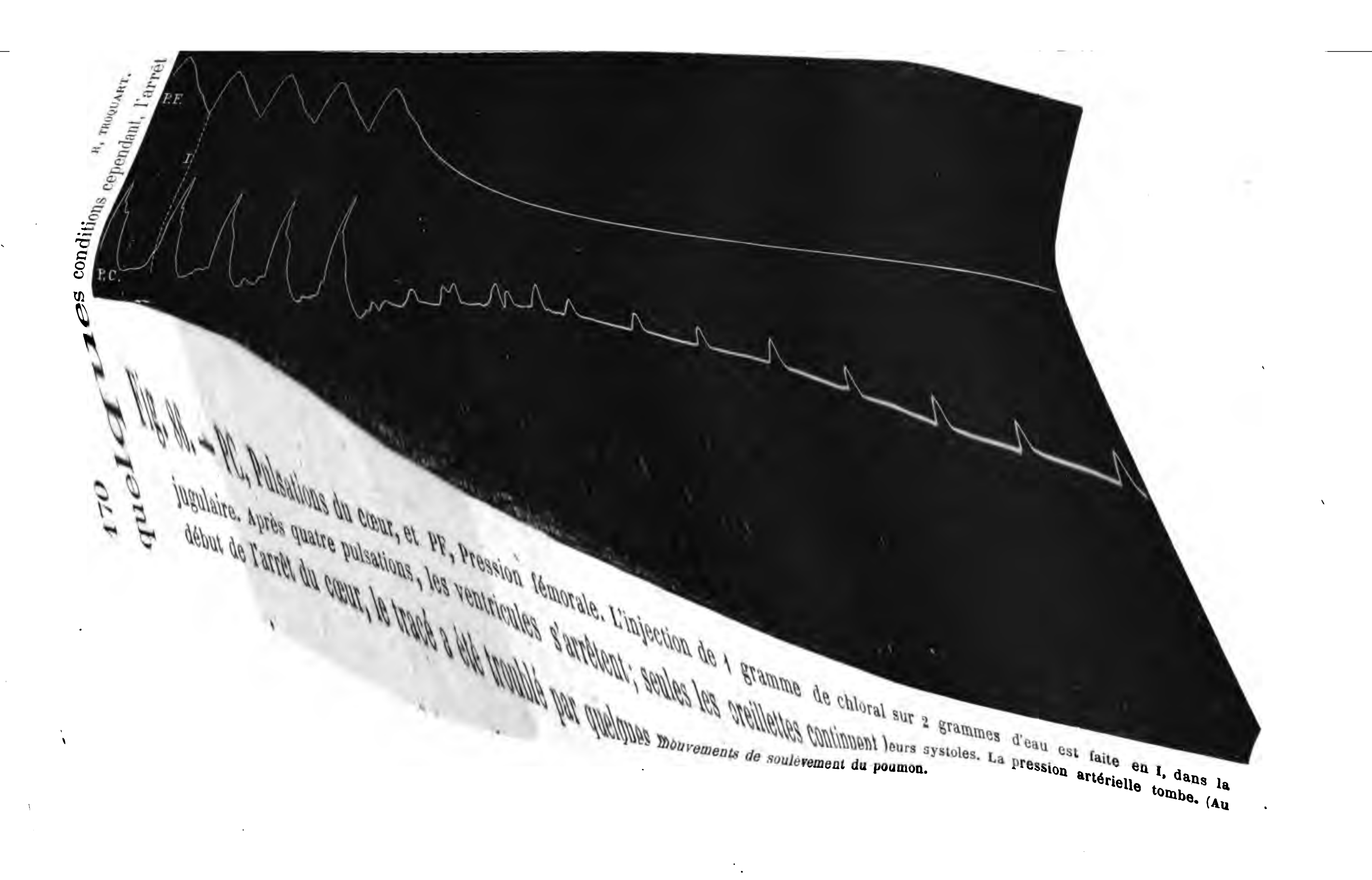


Fig. 88. — PC, Pulsations du cœur, et PF, Pression fémorale. L'injection de 1 gramme de chloral sur 2 grammes d'eau est faite en I, dans la jugulaire. Après quatre pulsations, les ventricules s'arrêtent; seules les oreillettes continuent leurs systoles. La pression artérielle tombe. (Au début de l'arrêt du cœur, le tracé a été troublé par quelques mouvements de soulèvement du poumon.

vent promptement la pression. Mais plus tard, quand le chloral absorbé a eu le temps de produire un certain degré de paralysie vaso-motrice, la pression est beaucoup plus lente à se réparer.

Cette lenteur de la réparation se voit nettement dans la figure suivante (fig. 87), et on peut la bien apprécier en comparant cette figure à celle qui la suit et dans laquelle le cœur reprend ses battements suspendus par l'excitation directe du pneumogastrique.



Fig. 87. — Lenteur de la réparation de la pression artérielle PF, après un arrêt du cœur produit par la 5e injection de chloral 1 gramme jugulaire



Fig 88. — Rapidité de la réparation de la pression artérielle PF, après l'arrêt du cœur produit par l'excitation du bout périphérique du pneumogastrique sur un animal qui n'a pas absorbé de chloral.

§ 2.

Troubles cardiaques consecutifs à l'absorption du chloral.

Il était intéressant de suivre les modifications présentées par la fonction cardiaque pendant un certain temps après la première injection de chloral. C'es ce qui a été fait dans l'expérience qui a fourni la figure 89.

La figure 89 montre toute la sé
ques qu'on peut observer à la suit
de chloral. Les différentes ligne
été fournies par l'explorateur c

Fig. 89 — Série de modifications cardiaques e
chloral (
A. cœur et respiration avant l'injection. 1. In
cœur et de la respiration.
B. Respiration régulière et très-superficielle.
sations très-nettes.
C. Accélération des battements, qui en D. de
E. Irrégularités. Troubles spontanés du cœur
(Chaque ligne est prise 1 minute aprè

injection de 50 c. de chloral pr
gulaire d'un lapin ; chaque lig
après celle qui lui est immédiat
montre les accidents primitifs
se succéder les phénomènes q
ralentissement, irrégularité et ér
cardiaques ; puis, accélération
petits, tumultueux ; enfin, au bo
se montrent des troubles sponta
M. François-Franck a insisté
renverrons pour leur étude à
traite cette question. (Mémoir

Nous nous contenterons de rappeler ici que, chez les mammifères, le cœur présente de temps en temps des séries de palpitations pendant lesquelles il reste resserré sur lui-même, comme tétanisé, et n'envoie plus de sang dans les artères. Il en résulte ce fait, si frappant dans la figure 42 (page 72), d'une grande chute de pression artérielle, sans pulsations dans les artères, pendant que les battements du cœur s'accélèrent au point de doubler de fréquence. (*Systoles avortées en série.*)

Ces troubles, consécutifs à l'absorption du chloral produite par tel ou tel procédé (injection veineuse, injection sous-cutanée, absorption par la peau), se retrouvent chez tous les animaux. Ils ne pouvaient échapper à l'attention ; aussi les voyons-nous signalés dans leur ensemble par tous les auteurs qui se sont occupés de la question.

Liebreich avait à peine découvert les propriétés anesthésiques du chloral que son attention était éveillée par ces accidents, et qu'il entreprenait sur la grenouille une série d'expériences bien souvent répétées depuis. Nous avons nous-même repris ces expériences en enregistrant les battements du cœur à l'aide de la pince cardiographique de M. Marey (1).

Si l'on injecte sous la peau de la cuisse d'une grenouille une goutte de chloral en solution concentrée, on observe, au bout d'un temps qui varie en général entre cinq et dix minutes, un ralentissement des battements. Peu considérable au début, ce ralentissement s'accentue de plus en plus, puis aboutit à un arrêt définitif en diastole ; le ventricule et l'oreillette sont gorgés de sang noir.

Tels sont les phénomènes que l'on observe sur la grenouille, non-seulement après l'injection sous-cutanée, mais encore après tous les autres modes d'introduction, par exemple à la suite de l'absorption par la peau obtenue en plongeant pendant deux heures environ l'extrémité de la patte d'une grenouille dans une solution à 1/2 d'hydrate de chloral.

Les auteurs qui ont étudié l'action du chloral absorbé par telle ou telle voie, et particulièrement M. Gubler, ont signalé le ralentissement progressif du cœur suivi d'arrêt.

(1) Voir Marey. Excitations électriques du cœur. (Travaux du laboratoire, 1876.)

C'est en effet le phénomène le plus apparent. Mais si l'on enregistre les battements pendant tout le temps de l'expérience, on ne tarde pas à s'apercevoir que depuis le moment de l'injection sous-cutanée jusqu'à l'arrêt définitif, le cœur présente, outre le ralentissement des systoles, des phases d'irrégularité très-passagères, qui avant l'application des méthodes de précision, devaient nécessairement échapper à l'observateur même le plus attentif. La figure 90, recueillie à l'aide de la pince cardiaque, sur un cylindre enregistreur animé d'un mouvement très-lent, donne une idée exacte de ces phénomènes : la ligne A représente les battements du cœur avant l'injection; ils sont d'une régularité parfaite. La ligne B, recueillie treize minutes après l'injection sous-cutanée, montre le ralentissement survenant assez brusquement, et accompagné d'irrégularités. Enfin, les pulsations deviennent de plus en plus rares, et, en D, présentent tout à coup une période d'accélération qui persiste pendant plusieurs minutes.

Fig 90. — Tracés de l'action du chloral en injection sous-cutanée sur le cœur de la grenouille. Rotation très-lente du cylindre.

A. Cœur avant l'injection.
B. 13 minutes après l'injection. Ralentissement brusque, irrégularités.
C. 1 heure après l'injection. Ralentissement très-prononcé.
D. 13 minutes après C. Phase d'accélération.

Sur la tortue, on retrouve les mêmes accidents. On voit en outre le ventricule fournir parfois des systoles redoublées,

c'est-à-dire deux systoles consécutives, et non séparées par une diastole (fig. 91).

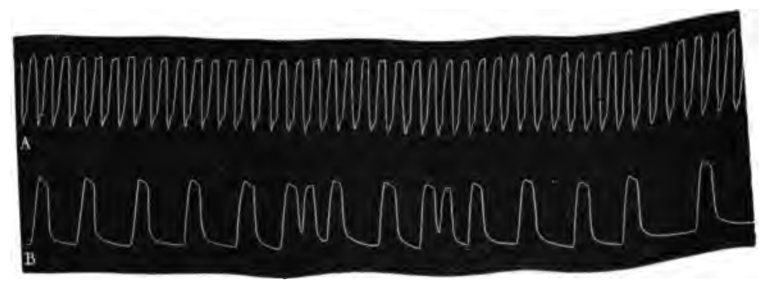


Fig. 91. Troubles cardiaques sur la tortue après absorption du chloral

A. Battements avant le chloral.

B. Battements après le chloral. Ralentissement. Systoles redoublées.

CHAPITRE II.

Théorie des accidents cardiaques produits par l'injection intra-veineuse d'hydrate de chloral.

Dans toutes les expériences qui ont été rélatées dans ce travail, nous avons vu l'injection du chloral dans une veine produire soit l'arrêt, soit le ralentissement des battements du cœur, après un temps variable suivant que le point où le chloral avait été injecté était plus ou moins éloigné du cœur. Il était naturel de penser que la substance irritante agissait par son contact avec l'endocarde. C'est ce que démontre l'expérience.

Si, chez un chien, on introduit par la veine jugulaire une sonde dans le cœur droit, et que l'on pousse une injection par cette voie, l'arrêt se produit dès que la solution arrive au contact de l'endocarde. Ce premier point nous semble donc établi sur des bases indiscutables.

Il faut chercher maintenant si le chloral agit sur les éléments nerveux de l'endocarde, ou bien sur le tissu musculeux du cœur lui-même. Le plus souvent, le système nerveux intra-cardiaque seul est intéressé.

Que l'on songe, en effet, à la rapidité de l'action, au peu de durée des phénomènes, et l'on conviendra que le chloral n'a pas le temps de pénétrer dans le tissu musculaire, et que si cette pénétration était possible, l'action ne se limiterait pas à un effet de quelques secondes de durée, mais se prolongerait forcément jusqu'à l'élimination du poison.

D'ailleurs, dans la plupart des cas, l'arrêt se produit en

diastole, et coïncide avec un relâchement des fibres musculaires. Or, ce n'est pas ainsi que le chloral agit sur le muscle. Nous avons essayé plusieurs fois l'action du médicament en solution sur les cuisses dépouillées et le cœur de la grenouille, et nous avons constaté qu'une goutte de la solution (1/3) provoquait de la contracture musculaire. On voit en effet le muscle en expérience se raccourcir et se gonfler sensiblement, en même temps qu'il devient dur et friable. Il perd rapidement ses propriétés physiologiques ; si on le soumet à l'influence d'un courant, on voit sur le tracé chaque secousse perdre rapidement de son amplitude, si bien qu'au bout d'un temps relativement très-court, le muscle ne répond plus à l'excitation. Dans des expériences de circulation artificielle sur des muscles isolés, M. Franck a constaté ces phénomènes de tétanisation suivie de la diminution de l'excitabilité musculaire.

L'action du chloral sur le cœur mis à nu est tout à fait analogue. Chez la grenouille, les battements persistent encore pendant quelques minutes, quoique très-ralentis, puis ils finissent par s'éteindre ; le ventricule s'arrête en *systole* ; cet arrêt systolique peut être brusque si la solution est assez concentrée.

Par conséquent, dans certains cas, le chloral peut agir sur les fibres musculaires du cœur dont il provoque la contracture. Ces considérations nous donnent la clef d'un phénomène dont le mécanisme nous avait échappé au début. Toutes les fois que nous pratiquions des circulations artificielles sur le cœur isolé de la tortue, nous constations que le passage du chloral mêlé au sang provoquait un arrêt en systole, tandis que sur le chien nous avions toujours vu se produire un relâchement des parois ventriculaires, ainsi que le prouve l'étude des changemements de volume. Nous croyons avoir trouvé la raison de ces résultats, en apparence contradictoires, dans la disposition anatomique. Chez la tortue, en effet, il n'existe qu'un seul ventricule; par conséquent le chloral qui arrive dans les cavités cardiaques mêlé au sang dans une assez forte proportion, pénètre immédiatement dans les artères coronaires, et parvient ainsi au contact intime des fibres musculaires. Aussi son action est-elle immédiate et énergique;

le ventricule entre en systole permanente, devient dur, globuleux, tandis que l'oreillette reste distendue.

Mais sur les mammifères, les phénomènes sont très-différents; le chloral en effet ne peut agir immédiatement sur le tissu musculaire du cœur, parce qu'avant d'arriver aux artères coronaires il faut qu'il traverse le poumon, et, lorsqu'il pénètre dans l'intimité du tissu cardiaque, il est tellement dilué et y arrive en si petite quantité que son action est à peu près nulle. Il faut donc admettre que le chloral agit sur les éléments nerveux du cœur. M. Vulpian, l'un des premiers, a émis, sans la développer, cette théorie des accidents cardiaques: « Quand on fait l'injection dans une veine peu éloignée du cœur, dit-il dans ses leçons, le sang mêlé à la solution, peut, au moment où il arrive à l'organe central de la circulation, en contenir une assez grande quantité pour agir comme un excitant énergique sur l'endocarde, et il peut, à la rigueur, se produire ainsi par action réflexe passant par le bulbe rachidien ou par les ganglions cardiaques, un action d'arrêt sur les mouvements du cœur : d'où une syncope peut-être mortelle. » Il y a donc lieu de discuter si cette action réflexe, qui a pour point de départ l'endocarde, passe par le bulbe ou par le système ganglionnaire intra-cardiaque.

Pour vérifier cette hypothèse de l'excitation endocardiaque réfléchie sur l'appareil modérateur du cœur, nous avons fait deux séries d'expériences consistant, les unes à détruire le bulbe ou à sectionner les nerfs pneumogastriques pour supprimer le centre de réflexion et les voies de transmission centripète et centrifuge; les autres à supprimer l'appareil ganglionnaire intra-cardiaque pour empêcher la production de l'acte réflexe qu'on suppose pouvoir se produire dans cet appareil. Cette suppression a été obtenue par l'empoisonnement préalable avec l'atropine, qui, comme on le sait, paralyse l'appareil modérateur du cœur.

La première série de nos expériences nous a bientôt démontré que l'hypothèse de la réflexion bulbaire était fausse ou tout au moins insuffisante. En effet, nous avons souvent essayé l'action du chloral sur des chiens dont le bulbe avait été préalablement détruit, et dont on entretenait les mouvements du cœur par la respiration artificielle. Dans tous ces cas, nous

avons vu les accidents immédiats se présenter dans le même ordre et avec la même intensité. Enfin, nous avons répété l'expérience après section des deux pneumogastriques, et nous avons vu les mêmes phénomènes persister. Il est donc incontestable que si les pneumogastriques servent de voie de transmission centripète, et le bulbe de centre de réflexion à l'action réflexe ayant son point de départ dans l'endocarde, il existe une autre voie pour l'acte réflexe dont il s'agit.

Nous sommes amené, par élimination, à admettre que le chloral donne lieu à une excitation dont la sphère d'action peut ne pas dépasser le système nerveux intra-cardiaque. Le chloral possède une action irritante qui détermine localement sur les tissus des phénomènes douloureux ; il n'est donc pas étonnant qu'il agisse par son contact sur les filets nerveux sensitifs de l'endocarde, et détermine dans les ganglions intra-cardiaques une action réflexe qui retentit sur les fibres modératrices.

Cette hypothèse très-admissible n'est pas d'ailleurs une simple conception théorique ; elle a été confirmée par des expériences ayant pour but de supprimer ces centres de réflexions.

L'atropine remplit cette indication. Keuchel a démontré que cette substance absorbée à dose suffisante provoque la paralysie



Fig. 92. — Lapin atropinisé, injection de chloral (0,50) dans la jugulaire.

A. Battements du cœur et respiration.

B. A la suite d'une injection de chloral (0,50 dans la jugulaire), on voit la respiration se supprimer tandis que les battements du cœur persistent.

des nerfs pneumogastriques ; elle agit sur les extrémités intra-cardiaques de ces nerfs, si bien que l'excitation directe par un courant, ou l'excitation réflexe par l'application de l'éponge de chloroforme sur la muqueuse nasale, ne provoquent plus l'arrêt du cœur ; l'excitabilité du bout central est au contraire conservée. Ces faits étant connus, si on soumet un animal à l'influence de l'atropine, et qu'on lui injecte ensuite par une veine une dose de chloral suffisante pour déterminer à l'état normal un arrêt complet, on voit la respiration se supprimer, mais les battements du cœur persister encore pendant longtemps. La figure 92 montre les troubles provoqués dans ces conditions par le chloral, chez un lapin. Sur la ligne B on voit l'arrêt respiratoire consécutif à une injection de chloral (0,50 c.), tandis que les battements du cœur persistent avec une grande régularité. On peut en conclure que, dans cette expérience, les filets cardiaques du pneumo-gastrique, paralysés par l'atropine, ne sont plus excitables, et, par suite, ne peuvent plus remplir leur rôle modérateur. C'est une preuve de plus en faveur de la théorie que nous avons admise pour expliquer les accidents cardiaques déterminés par le chloral.

La morphine, administrée à très-haute dose, parait agir dans le même sens, en aboutissant à la paralysie des nerfs vagues. Il y aurait peut-être à tirer parti de l'association du chloral avec cette substance. L'expérience seule permettra de juger cette intéressante question.

Atténuation progressive des effets cardiaques par plusieurs injections successives.

Nous avons déjà signalé ce fait, que les effets cardiaques du chloral deviennent de moins en moins accusés, à mesure que l'on multiplie les injections. Nous croyons devoir revenir ici sur ce point important, car nous y voyons un phénomène tout à fait comparable à l'atténuation des effets après absorption d'atropine ou de morphine. M. Oré avait déjà [illegible] spécialement en vue les accidents cardiaques, pour ne pas être obligé de multiplier les injections, on

peut rapidement augmenter les doses de chloral, la tolérance s'établissant vite et bien. L'endocarde tout spécialement paraît s'habituer, pour ainsi dire, à l'action du chloral. En effet, lorsque après une première injection intra-veineuse, on a observé sur un chien des accidents cardiaques primitifs très-accusés, si l'on attend que le rhythme normal soit bien reconstitué, et que l'on pousse alors une nouvelle injection dans le cœur droit, on observe encore un arrêt du cœur, mais beaucoup moins prolongé que la première fois.

Nous sommes ainsi amené à supposer ou que la sensibilité des filets nerveux de l'endocarde est moindre pour une même excitation, ou que l'appareil modérateur du cœur a perdu de son excitabilité. L'expérience démontre qu'en effet les pneumogastriques sont beaucoup moins excitables qu'au moment de la première injection; il est facile de soumettre l'un d'entre eux à l'excitation électrique dans ces deux instants différents de l'expérience; on verra que, pour une même intensité et une même fréquence d'interruptions du courant inducteur, l'arrêt du cœur sera plus tardif et moins complet. Sur le lapin, sans recourir à l'excitation directe du pneumogastrique, on peut utiliser le procédé sur lequel M. Fr. Franck a appelé l'attention, et qui consiste à interroger l'excitabilité des nerfs pneumogastriques en touchant légèrement les narines de l'animal avec une éponge imbibée de chloroforme, d'ammoniaque ou d'acide acétique; par cette épreuve, on s'assure qu'un certain temps après la première injection de chloral, les réactions cardiaques sont beaucoup moins intenses qu'au moment où l'on a fait la première injection.

L'excitation directe ou réflexe des pneumogastriques montre donc que l'excitabilité de ces nerfs est moindre qu'au début de l'expérience, et il n'est point étonnant dès lors que la seconde injection de chloral produise un arrêt du cœur moins prolongé que la première, puisqu'il doit être admis que c'est par un acte réflexe des nerfs sensibles de l'endocarde sur l'appareil modérateur du cœur que se produisent ces arrêts.

Quand les battements ont repris une seconde fois leur régularité, une certaine quantité de chloral ayant été transportée dans tous les tissus, si l'on interroge de nouveau l'excitabilité des pneumogastriques par l'un des deux procédés précédem-

Fig. 93. — Atténuation des effets cardiaques par le fait d'injections successives.
I, 3e injection dans la jugulaire, 1 gr. 80. Ralentissement cardiaque. Chute de pression. Grand arrêt respiratoire.

Fig. 94. — Atténuation des effets cardiaques par le fait d'injections successives de chloral.
I, 4e injection (1 gr. 60) dans la jugulaire. Ralentissement et abaissement de pression moins accusés que dans la figure précédente. Grand arrêt respiratoire.

ment indiqués (excitation directe, excitation réflexe), on constate une nouvelle diminution de l'excitabilité de l'appareil modérateur du cœur.

C'est ainsi que, par degrés, se produit la paralysie des nerfs pneumogastriques, ou plutôt la paralysie de leurs terminaisons dans l'appareil ganglionnaire intra-cardiaque. Pour obtenir ce résultat, il faut pratiquer toute une série d'injections et arriver à un état de narcose chloralique absolu, état qui n'est pas sans danger pour l'animal, puisque, d'après Liebreich, le cœur n'est atteint qu'après les grands centres nerveux, cerveau et moelle épinière, alors que tout mouvement réflexe a disparu. En somme, le chloral absorbé atténue ses propres effets, en paralysant les centres de réflexion de l'excitation cardiaque ; son action est donc tout à fait comparable à celle que l'on attribue à l'atropine et peut-être à la morphine.

Les figures 93 et 94 fournissent des exemples de l'atténuation progressive des effets cardiaques. Ces deux tracés ont été fournis par le même animal qui a donné la figure 82. Si l'on compare les trois figures, on verra nettement l'atténuation de l'excitabilité réflexe dont nous venons de parler.

Voyons maintenant quelles théories les divers auteurs ont proposées pour expliquer les troubles cardiaques consécutifs. M. Gubler ne se prononce qu'avec réserves : « A dose toxique, dit-il, le chloral porte le trouble dans la circulation, et détermine la mort par l'arrêt des contractions cardiaques, non peut-être en agissant directement sur le cœur, mais plutôt par l'intermédiaire de la moelle allongée, en exagérant l'action du nerf suspensif, ou bien en épuisant l'innervation des ganglions cardiaques par un autre mécanisme qui reste à déterminer. » De son côté, M. Vulpian pense que le chloral peut agir en déterminant une excitation du bulbe rachidien ou de l'origine des nerfs vagues dans le centre bulbo-spinal. Nous avons donc cherché à vérifier cette première hypothèse, en faisant arriver au bulbe une solution très-étendue de chloral. Sur un lapin, nous avons injecté par la carotide 0^{gr},30^{c} de chloral en solution au 1/10. Nous n'avons pas observé de modifications dans le rhythme des battements du

cœur ; mais au bout de quelques minutes, l'animal est mort en présentant des troubles généraux, convulsions, etc.

Nous avons répété l'expérience sur le chien ; l'animal a survécu à une injection de 1 gramme dans la carotide ; mais il n'y a eu ni arrêt, ni ralentissement du cœur ; d'où nous croyons pouvoir tirer cette conclusion : ce n'est pas l'excitation du bulbe par le chloral mêlé au sang qui provoque les troubles cardiaques spontanés. D'ailleurs, toutes les fois que sur les grenouilles nous avons observé le ralentissement et l'arrêt, nous opérions sur des animaux dont le bulbe avait été préalablement détruit. Ce n'est donc pas du côté de ce centre qu'il faut chercher la cause des phénomènes observés.

La théorie de l'action directe du chloral sur les éléments nerveux du cœur avait été émise par Liebreich. Il pense que cette substance, après avoir agi sur le cerveau et la moelle, atteint en dernier lieu les ganglions intra-cardiaques et les paralyse ; mais il admet comme peu probable une action sur le nerf vague ou le muscle cardiaque. Il rapporte à l'appui de son opinion des expériences minutieuses et qui semblent concluantes. Après avoir profondément chloralisé une grenouille et constaté l'arrêt du cœur en diastole, il enlève ce cœur et s'assure qu'il ne se contracte plus sous l'influence des excitations. Il sectionne alors toute la partie du ventricule située au-dessous des ganglions, et montre que cette partie indépendante de toute influence nerveuse a recouvré sa contractilité (1).

Il faudrait aussi, d'après M. Vulpian, tenir compte, comme pouvant avoir une influence secondaire sur le ralentissement des battements du cœur, de la dilatation vasculaire et de l'abaissement de pression qu'elle entraîne. Mais pour admettre cette relation, il faudrait avoir, au préalable, démontré la subordination du ralentissement des battements du cœur à l'abaisse-

(1) Dans son article du *Dictionnaire encyclopédique*, M. Labbée combat cette théorie, mais celle qu'il propose de lui substituer nous semble passible de certaines critiques. « Il est probable, dit M. Labbée, que le chloral en atteignant le bulbe excite le nerf vague, *le paralyse* (doses massives) ; d'où résultent d'abord les ralentissements tumultueux, puis l'arrêt complet du cœur. » Nous ne comprenons pas comment cette paralysie des pneumogastriques pourrait déterminer l'arrêt du cœur.

ment de la pression artérielle, théorie qui attend encore ses preuves.

Nous ne chercherons pas à présenter ici d'interprétation nouvelle pour les accidents cardiaques consécutifs : nous pensons qu'avec les données actuelles sur l'innervation intrinsèque du cœur et sur les rapports qu'ont entre eux les différents appareils ganglionnaires intra-cardiaques, ce serait ajouter inutilement une hypothèse fort discutable à celles que nous venons de citer.

CONCLUSIONS.

1. — Lorsqu'on injecte dans le système veineux d'un animal une dose suffisante d'hydrate de chloral en solution aqueuse, on voit se produire presque simultanément, du côté des fonctions cardiaque et respiratoire, des troubles qui consistent en arrêts plus ou moins rapides ou prolongés (*accidents primitifs* dus au contact).

2. — Sous l'influence de la chloralisation confirmée, il se produit une série de troubles cardiaques et respiratoires différents des premiers et revenant par périodes (*accidents consécutifs* à l'absorption chloralique).

3. — Le cœur, ralenti sous l'influence de l'injection intraveineuse de chloral, se laisse distendre considérablement dans l'intervalle des systoles.

4. — Au début du ralentissement, les ventricules évacuent tout leur contenu dans les artères ; mais bientôt les systoles deviennent de moins en moins efficaces et la distension du cœur s'accuse davantage.

5. — Pendant l'arrêt ventriculaire, les systoles des oreillettes persistent, ce qui contribue à produire l'augmentation graduelle du volume du cœur pendant l'arrêt diastolique.

6. — Les troubles se réparent d'autant plus vite qu'ils ont été moins graves. La période de réparation ne présente rien de constant dans son mode d'apparition, ses caractères et sa durée; elle varie surtout suivant la dose injectée et la quantité de chloral préalablement absorbée par l'animal ; rapide après une première injection, elle devient lente après une série d'injections successives.

7. — Le chloral agit par son contact immédiat avec la paroi interne du cœur droit.

8. — Il excite les filets nerveux sensibles de l'endocarde, et détermine dans les ganglions intra-cardiaques une action réflexe qui retentit sur les fibres modératrices des pneumogastriques, d'où arrêt du cœur en diastole.

9. — Sur le cœur isolé de la tortue terrestre, on observe, en faisant passer un courant de sang chargé de chloral, un arrêt systolique. Le chloral, pénétrant immédiatement dans les artères coronaires à sa sortie du ventricule qui est simple, agit directement sur les fibres musculaires dont il provoque la contracture, comme il produit celle des muscles dans les artères desquelles il est directement injecté.

11. — Le chloral détermine peu à peu la paralysie des extrémités périphériques des pneumogastriques, d'où atténuation des accidents cardiaques à mesure que les injections se multiplient.

11. — Les troubles cardiaques consécutifs sont très-variables ; le plus souvent ils sont caractérisés par une période de ralentissement, suivie d'irrégularités. Chez les mammifères, on observe souvent des périodes de systoles avortées, avec grande chute de pression, et disparition des pulsations artérielles.

VIII

RECHERCHES SUR LES CHANGEMENTS DE VOLUME DU CŒUR DANS LEURS RAPPORTS AVEC LA RÉPLÉTION ET LE DÉBIT VENTRICULAIRES,

par le Dr FRANÇOIS-FRANCK.

INTRODUCTION ET PLAN DU MÉMOIRE.

Ce travail contient une série de recherches sur les changements de volume et les débits du cœur, étudiés sur le cœur isolé soumis à une circulation artificielle, sur le cœur de l'animal vivant, et sur l'homme dans les conditions normales et dans quelques cas pathologiques (1).

La question du débit ventriculaire à chaque systole du cœur ne peut être résolue d'une façon absolue : le cœur, en effet, n'a pas un débit uniforme, il a des débits qui sont variables suivant l'état de la circulation périphérique qu'il règle, et dont il subit l'influence. Ce qu'il faut étudier, ce sont ces débits relatifs.

La comparaison des évacuations ventriculaires, fondée sur la comparaison des diminutions de volume du cœur pendant la systole, me paraît devoir fournir d'utiles renseignements sur la manière dont s'accomplit la fonction cardiaque.

(1) Les résultats de ces recherches ont été communiqués à la Société de biologie dans les séances des 12, 19, 26 mai 1877, et résumés à l'Académie des sciences dans une note présentée par M. le professeur Cl. Bernard le 28 mai 1877.

Par exemple, après la double section des pneumogastriques et pendant l'excitation des nerfs accélérateurs, la fréquence des battements du cœur s'accroît : mais dans le premier cas la pression artérielle s'élève considérablement, dans le second elle conserve sa valeur première ou n'augmente que très-peu, quelquefois même s'abaisse légèrement. L'étude des changements de volume du cœur nous fournit seule l'explication de cette différence, en nous montrant qu'après la section des pneumogastriques, *chaque systole du cœur accéléré débite autant que* chacune des systoles normales, qu'au contraire pendant l'excitation des nerfs accélérateurs, *chaque systole débite moins qu'*à l'état normal.

Dans les expériences sur les poisons qui troublent la fonction cardiaque ou la circulation périphérique, cette même méthode d'étude complète les renseignements fournis par l'exploration simultanée des variations de la pression artérielle et des pulsations du cœur.

Chez l'homme atteint de lésion valvulaire, l'étude de la pulsation cardiaque, faite au point de vue des indications des changements de volume du cœur, nous permet de juger comment s'opèrent la réplétion et l'évacuation ventriculaires, etc.

On pourra donc utiliser dans un grand nombre de circonstances les données qui sont exposées dans ce mémoire, et ce sera peut-être une nouvelle ressource à ajouter à nos moyens d'étude actuels.

Dans le cours de ce travail, j'aurai l'occasion de discuter les résultats des expériences qui ont été récemment publiées par M. Regnard (1) sur les indications graphiques fournies par l'exploration des pressions de l'air dans la cavité buccale chez l'homme ; je pourrai montrer, en comparant ces indications à celles que fournit l'exploration simultanée des pulsations du cœur et du pouls artériel, que les courbes attribuées par l'auteur au choc du cœur sur le poumon, sont au contraire l'expression d'un rappel d'air dans le poumon au moment de la systole ventriculaire.

L'occasion de vérifier sur l'homme lui-même les résultats des expériences faites sur les changements de volume du

(1) Regnard, *Revue mensuelle de médecine et de chirurgie*, avril 1877.

cœur chez les animaux, m'a été offerte au mois de juillet dernier : sur une femme atteinte d'ectopie congénitale du cœur et dont je rapporte l'histoire complète dans le mémoire n° XII, j'ai pu introduire dans un appareil à déplacement la portion ventriculaire du cœur qui faisait saillie à l'épigastre, et enregistrer les changements de volume des ventricules aussi facilement que chez les animaux dont on explore les variations de volume du cœur à l'intérieur du péricarde.

PLAN DU MÉMOIRE.

I. — J'indiquerai dans un premier chapitre les résultats de l'exploration des changements de volume et des débits du cœur sur le cœur isolé de la tortue, soumis à une circulation artificielle : cette étude préliminaire montrera qu'on est en droit de conclure de diminution de volume du cœur pendant la systole au débit ventriculaire.

II. — Un second chapitre comprendra l'exposé des procédés opératoires et de la disposition des appareils pour l'étude des changements de volume du cœur, chez les animaux, à l'aide de l'exploration intra-péricardique.

III et IV. — Des expériences sur les troubles apportés à la fonction cardiaque par des influences mécaniques et nerveuses agissant directement ou par voie réflexe sur le cœur seront relatées dans les IIIe et IVe chapitres.

V. — L'étude des variations de la pression de l'air dans la trachée, sous l'influence des changements du volume du cœur, fera l'objet du chapitre V.

VI. — Dans le VIe chapitre, j'indiquerai les résultats des observations sur les changements de volume du cœur chez l'homme, soit à l'aide de l'exploration trachéale, soit au moyen de la cardiographie ordinaire (1).

(1) J'ai été particulièrement aidé dans mes expériences par mon ami F. Lalesque, externe des Hôpitaux et élève du Laboratoire. Je suis heureux de lui adresser ici tous mes remerciements.

I.

Changements de volume et débits du cœur isolé, soumis à une circulation artificielle.

Cette étude préliminaire est destinée à établir expérimentalement le principe de toutes les recherches qui seront exposées dans la suite de mon travail : « on peut conclure de la diminution de volume du cœur pendant sa systole au débit « ventriculaire ; on peut conclure de l'augmentation diastolique de volume au degré de réplétion. »

« Dans les expériences sur le cœur de tortue isolé, la démonstration directe est facile parce qu'on peut mesurer et comparer les débits et les réplétions ; mais chez les animaux vivants, le débit du cœur ne peut être directement déterminé, non plus que sa réplétion. Il était donc important de bien établir, dès le début, le rapport indiqué plus haut, et c'est à cette démonstration que tendent les expériences indiquées dans le présent chapitre.

Dans ces premières recherches, j'ai uniquement employé le cœur de la tortue terrestre.

M. Marey avait déjà étudié les changements de volume du cœur isolé, à l'aide du procédé suivant (1) :

Le cœur, préalablement enlevé avec les gros vaisseaux afférents, était mis en rapport avec un réservoir de sang défibriné dont il recevait, sous une pression qu'on faisait varier, l'afflux sanguin par une oreillette liée sur une canule de verre. L'une des artères aortes était liée sur une autre canule, et déversait, par un tube aboutissant à un ajutage de calibre variable, le sang qu'expulsait le ventricule.

(1) V. Marey, *De la Pulsation du cœur, Comptes Rendus des travaux du laboratoire*, 1re année, 1875.

Ainsi préparé, le cœur était suspendu dans une petite éprouvette dont le bouchon laissait passer les canules afférente et efférente; en outre, un tube à air établissait la communication entre la cavité de l'éprouvette et celle d'un tambour à levier inscripteur. A chaque diastole, le cœur relâché, recevant le sang du réservoir, se dilatait, augmentait de volume, et l'air ainsi comprimé mettait en mouvement la plume du tambour inscripteur : une courbe ascendante correspondait à la réplétion diastolique.

Pendant la systole, le cœur évacuant son contenu, diminuait de volume, et déterminait autour de lui, ainsi que dans le tambour inscripteur, une aspiration d'air qui se traduisait sur le tracé par une courbe descendante (évacuation).

J'ai employé le même procédé dans quelques expériences; mais, le plus souvent, au lieu de laisser le cœur suspendu par sa base au bouchon de l'éprouvette remplie d'air, je l'ai plongé dans un liquide indifférent, à une température déterminée, dans l'huile, comme l'avait fait Mosso dans ses expériences sur le rein.

Pour obtenir les indications des changements du volume du cœur, la cavité de l'éprouvette a été mise par son extrémité inférieure en communication avec une ampoule de verre arrivant à la hauteur du bouchon.

Le niveau de l'huile était le même dans ces deux vases communiquants, pendant l'immobilité du cœur. Au moment de la diastole, ce niveau s'élevait dans l'ampoule et produisait une compression d'air au-dessus de lui. On transmettait ainsi le mouvement à un large tambour à levier inscripteur n'offrant pas de résistance élastique dont on dut tenir compte, et on obtenait une courbe ascendante dont les ordonnées étaient proportionnelles aux valeurs successives de l'augmentation graduelle du volume du cœur, depuis le début jusqu'à la fin de sa réplétion.

Le niveau de l'huile s'abaissant dans l'ampoule quand la systole du cœur succédait à la diastole, la raréfaction d'air qui en résultait déterminait le rappel de la plume inscrivante, et une courbe descendante était tracée; cette courbe s'abaissait d'autant plus rapidement que l'évacuation s'opérait plus vite, et elle atteignait un niveau d'autant plus inférieur

que l'évacuation était plus complète : j'avais ainsi un premier moyen de juger de la valeur plus ou moins grande du débit ventriculaire.

Fig. 95. — Appareil à déplacement pour l'étude des changements de volume du cœur isolé : V, tube d'afflux ; — A, tube d'écoulement artériel.

Fig. 96. — Courbes obtenues avec l'appareil à déplacement : D, augmentation de volume pendant la diastole ; S, diminution de volume pendant la systole.

Mais cette valeur du débit devait être directement déterminée ; il fallait, de plus, comparer entre elles les ondées successives envoyées par le ventricule, et ne point se contenter d'une courbe générale représentant la valeur totale d'un grand nombre d'ondées ventriculaires. Pour obtenir ces indications rhythmées avec les systoles, j'ai choisi un dispositif fort simple que chacun peut construire aisément.

Le tube par lequel le sang sort du cœur est muni à son extrémité libre d'une canule d'un diamètre restant fixe à tous les instants de l'expérience. Ce tuyau d'écoulement amène le sang dans l'une des branches d'un large tube en U ; l'autre branche, dans laquelle le niveau du sang s'élève à mesure que s'opère le déversement dans la première, est munie à son extrémité supérieure d'un bouchon traversé par un tube de verre qui est mis en communication avec un large tambour à levier inscripteur. L'inscription des élévations successives de niveau qui correspondent aux écoulements rhythmés produits par

les systoles, est recueillie à côté de celle des changements de volume du cœur (1).

En outre de cette double inscription des volumes et des dé-

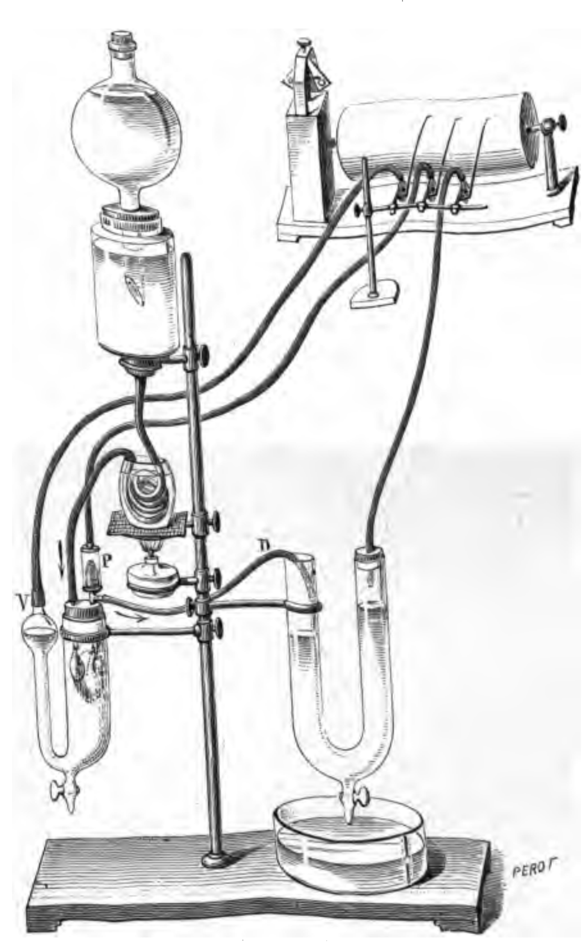


Fig. 97. — Appareil à circulation artificielle pour le cœur de tortue isolé. Le sang défibriné arrive au cœur, sous pression constante, par un tube de caoutchouc interrompu sur son trajet par un serpentin métallique qui permet le chauffage du sang veineux. Le cœur chasse le sang dans le tube D qui porte à son origine un explorateur de la pression artérielle P. Les changements de volume du cœur sont exprimés par les déplacements du niveau de l'huile en V, et s'inscrivent à côté des variations de la pression et des courbes des débits successifs.

(1) L'élévation du niveau dans la branche du tube en U opposée à celle où se fait le déversement, serait toujours correspondante à l'élévation du niveau dans cette dernière branche si l'air n'était pas comprimé par l'ascension de la colonne liquide. On pouvait parer à ce léger inconvénient en égalisant à peu

bits, j'ai recueilli les tracés simultanés des variations de la pression artérielle en plaçant sur le trajet du tube afférent, et près du cœur, un *sphygmoscope* très-sensible. L'appareil complet est représenté dans la figure de la page précédente.

On voit dans le tableau d'ensemble présenté figure 98 les rapports qu'affectent entre elles les courbes simultanément recueillies des changements de volume du cœur V, du débit D et de l'augmentation de pression P, correspondant à la systole S.

La comparaison des quantités de sang débitées par le cœur, et des quantités de liquide rappelées dans l'appareil à déplacement au moment des systoles, établit ce principe, théoriquement évident, que nous sommes autorisés à *juger* **des débits par** *les diminutions systoliques du volume du cœur* (1).

Fig. 98. — Courbes fournies par l'appareil précédent. Pendant l'augmentation diastolique du volume du cœur, V, le débit est nul D, la pression artérielle tombe. Pendant la diminution systolique du volume du cœur S, l'ondée ventriculaire fait monter la courbe des débits (flèche de la ligne D) et la courbe des pressions (flèche de la ligne P).

près les pressions de l'air dans les deux branches par la clôture de celle où se fait le déversement, mais on courait le risque de créer dans cette dernière une pression d'air graduellement croissante qui aurait constitué, à un moment donné, un obstacle sérieux à l'écoulement du sang artériel.

(1) Dans l'expérience qui a fourni le triple tracé de la fig. 98, les ordonnées

C'est sur cette donnée, que j'ai tenu à établir expérimentalement, que nous ferons reposer, dans la suite de ce travail, l'évaluation des débits successifs du cœur dans une série de systoles.

Réciproquement nous pourrons conclure des augmentations diastoliques de volume aux réplétions du cœur.

Il sera facile, en tenant compte de ces deux notions préalables, de préciser mieux que nous n'avons pu le faire jusqu'ici les troubles de la fonction cardiaque chez les animaux et chez l'homme.

négatives de la courbe de diminution systolique du volume du cœur auraient été égales aux ordonnées positives de la courbe du débit, si une certaine quantité du sang lancé par le ventricule n'avait pas été employée à la dilatation de l'ampoule du sphygmoscope. C'est en effet ce que montre l'expérience faite sans interposer de sphygmoscope entre le cœur et l'orifice d'écoulement.

II

Changements de volume et débits du cœur chez l'animal vivant, étudiés à l'aide de l'exploration intra-péricardique.

Nous avons vu dans le chapitre Ier les changements de volume du cœur de la Tortue s'opérer dans un vase clos ne communiquant avec l'extérieur que par le tube de transmission du tambour à levier inscripteur.

Il est facile d'utiliser chez les animaux, chez le chien particulièrement, la cavité du péricarde, complètement close de toutes parts, comme appareil à changements de volume : il suffit pour cela de fixer à la partie inférieure du péricarde un tube de verre que l'on fait communiquer avec un tambour à levier inscripteur. Les variations de la pression de l'air dans la cavité du péricarde, produites par les gonflements diastoliques et les resserrements systoliques du cœur, se transmettent à l'appareil inscripteur et fournissent les courbes que nous présenterons tout à l'heure.

Mais, de même que nous avons exploré les changements de volume du cœur de la Tortue en plongeant l'organe dans un liquide indifférent (l'huile de lin, par exemple), de même nous pouvons évaluer les variations du volume du cœur du chien en transformant son péricarde en appareil à déplacement.

Quoique l'étude des changements de volume du cœur immergé au sein d'un liquide soit avantageuse en quelques points, par exemple pour démontrer directement la variation du ni-

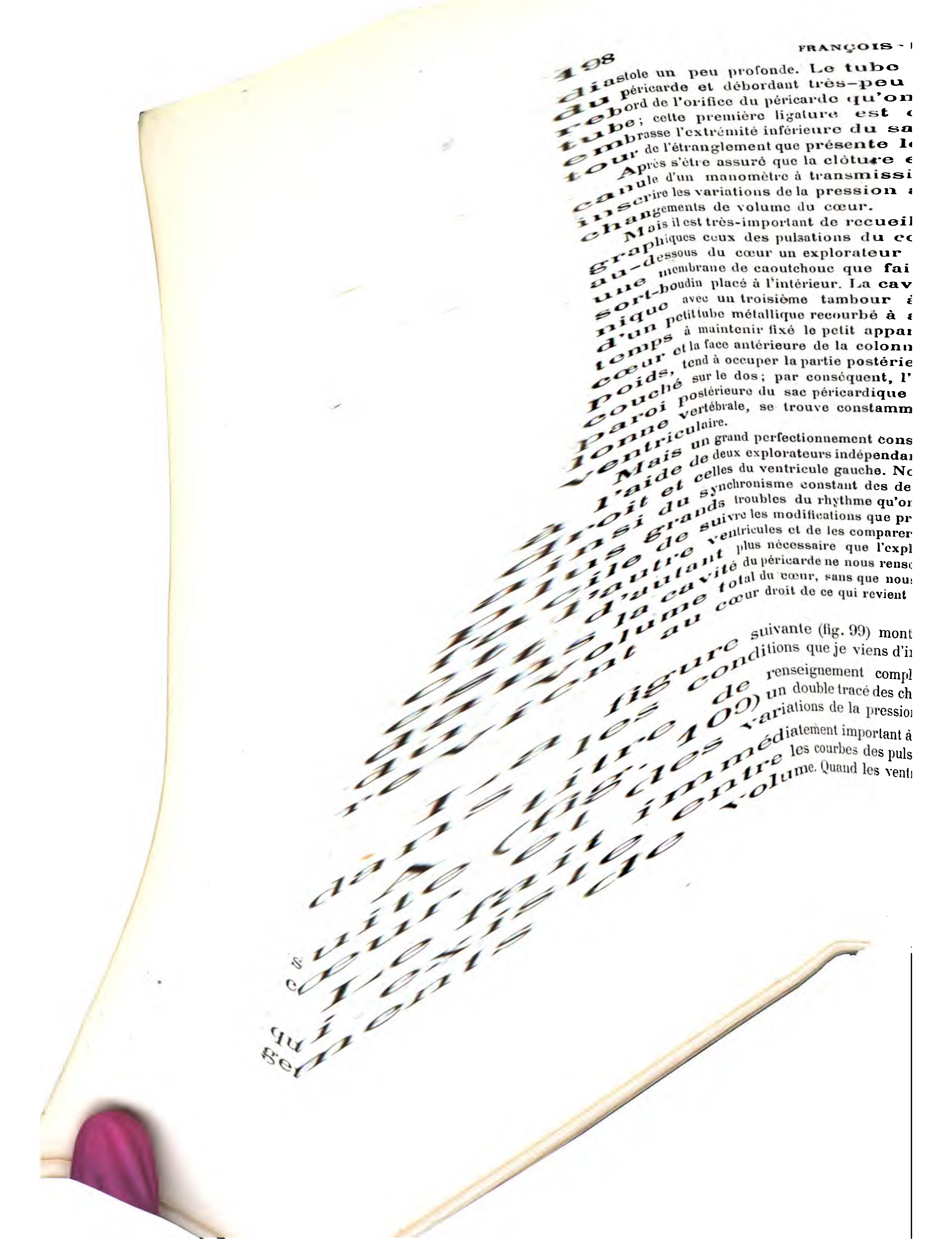
veau du liquide et pour évaluer par la quantité déplacée les quantités de sang reçues et expulsées, j'ai reconnu à ce procédé certains inconvénients pratiques qui me l'ont fait repousser comme procédé habituel (1).

C'est donc presque exclusivement l'exploration des variations de la pression de l'air dans le péricarde qui nous a permis d'étudier les variations du volume du cœur sur l'animal vivant.

PROCÉDÉ OPÉRATOIRE.

L'animal, le chien, dans presque toutes nos expériences, est profondément curarisé ou a subi la section sous-bulbaire de la moelle. Il est soumis à la respiration artificielle. L'ouverture du thorax s'opère sans hémorrhagie avec le thermo-cautère Paquelin, en sectionnant les arcs costo-cartilagineux de chaque côté, au niveau des articulations chondro-costales. Si quelque vaisseau artériel un peu important était lésé, la ligature des deux mammaires, faite en conduisant une aiguille courbe sur le doigt, suffit presque toujours à arrêter l'écoulement du sang. La section des muscles intercostaux avec le thermo-cautère, et des extrémités supérieures des muscles droits de l'abdomen, supprime l'écoulement du sang, soit par les intercostales, soit par les branches anastomotiques des mammaires internes avec les épigastriques et lombaires. Quand le plastron est enlevé, le péricarde apparaît, appliqué sur le cœur dans toute son étendue, sauf à sa partie inférieure où il se jette sur le centre du diaphragme. Il existe, un peu au-dessus de cette insertion diaphragmatique, un intervalle de deux ou trois centimètres dans lequel la paroi du péricarde n'est pas en contact avec la pointe du cœur, même dans les grandes diastoles. C'est à ce niveau qu'on doit saisir la paroi antérieure du péricarde et y pratiquer une petite boutonnière par laquelle on insinue l'extrémité légèrement évasée d'un tube de verre. On a soin que ce tube soit taillé en biseau mousse, ou présente une échancrure de façon, à ce que la paroi ventriculaire ne puisse jamais venir s'appliquer sur l'orifice et l'obstruer pendant une

(1) L'injection d'huile dans la cavité du péricarde ne trouble pas le rhythme du cœur à la condition que ce liquide soit à une température voisine de celle du cœur, et que le tube vertical dans lequel s'opèrent les changements de niveau, ne s'élève pas à une trop grande hauteur. Si l'on faisait supporter au cœur la pression d'une colonne d'huile ayant plus de quelques centimètres, on modifierait la circulation intra-cardiaque en créant une contre-pression extérieure qui gênerait l'afflux du sang veineux dans les oreillettes : j'insiste, dans le mémoire IV, sur ces effets des contre-pressions exercées dans le péricarde, et je justifie par des preuves expérimentales la réserve que je ne fais qu'indiquer ici.



diastole un peu profonde. Le tube
du péricarde et débordant très-peu
rebord de l'orifice du péricarde qu'on
tube; cette première ligature est
embrasse l'extrémité inférieure du sa
tour de l'étranglement que présente l
Après s'être assuré que la clôture e
canule d'un manomètre à transmissi
inscrire les variations de la pression
changements de volume du cœur.
Mais il est très-important de recueil
graphiques ceux des pulsations du c
au-dessous du cœur un explorateur
une membrane de caoutchouc que fai
sort-boudin placé à l'intérieur. La cav
nique avec un troisième tambour
d'un petit tube métallique recourbé à
temps à maintenir fixé le petit appar
cœur et la face antérieure de la colonn
poids, tend à occuper la partie postérie
couché sur le dos; par conséquent, l'
paroi postérieure du sac péricardique
lonne vertébrale, se trouve constamm
ventriculaire.
Mais un grand perfectionnement cons
l'aide de deux explorateurs indépendan
droit et celles du ventricule gauche. No
ainsi du synchronisme constant des de
plus grands troubles du rhythme qu'or
facile de suivre les modifications que pr
l'autre ventricules et de les comparer
d'autant plus nécessaire que l'expl
dans la cavité du péricarde ne nous rens
volume total du cœur, sans que nous
revient au cœur droit de ce qui revient

La figure suivante (fig. 99) mont
dans les conditions que je viens d'i
suivre de renseignement compl
titre (fig. 100) un double tracé des ch
cœur les variations de la pression
qui fait immédiatement important à
l'entre les courbes des puls
gen de volume. Quand les vent

et globuleux pendant leur systole, donnent la courbe ascendante qui caractérise la pulsation, ils évacuent leur contenu

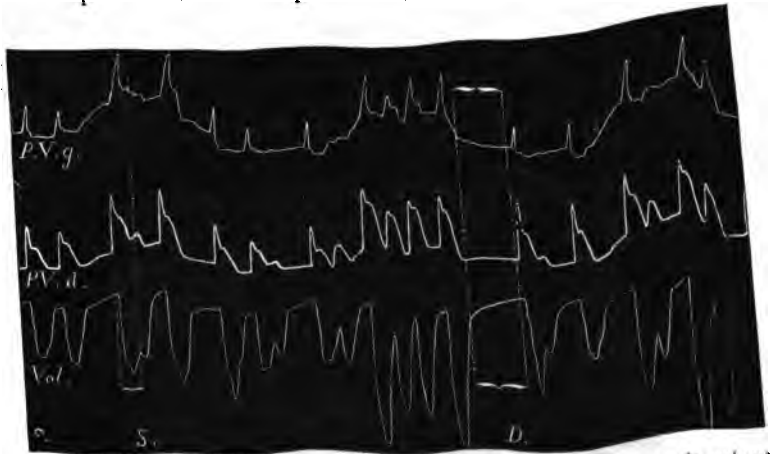


Fig. 100. — Superposition des courbes correspondant aux changements de volume du cœur (ligne V), aux pulsations du ventricule droit V D et du ventricule gauche VG. — On voit chaque systole S, accusée sur les lignes des pulsations PD — PC par une ascension de la courbe (durcissement systolique), se traduire sur la ligne des changements de volume VC par un abaissement du tracé (évacuation dans les artères). — La réplétion diastolique D correspond à une forte élévation de la courbe des volumes qui commence au début même du relâchement ventriculaire.

dans les artères et cette diminution de leur volume s'accuse par l'abaissement des courbes sur la ligne des volumes.

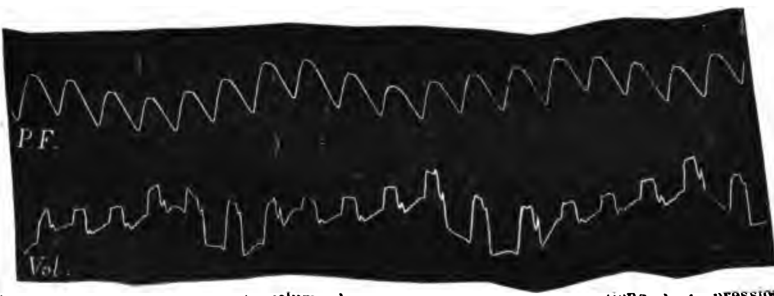


Fig. 101. — Changements de volume du cœur (ligne Vol) et variations de la pression fémorale (P F).

Chaque pulsation artérielle correspond à la diminution systolique du volume du cœur sur le début de laquelle elle retarde un peu. Ici la superposition laisse à désirer et les courbes de pression doivent être légèrement reportées vers la droite.

D'après les résultats que nous ont fournis les évaluations du débit sur le cœnr isolé, nous savons que ces débits sont

proportionnels aux diminutions systoliques du volun
Sans chercher à préciser les quantités de sang lancée
systole, nous pouvons donc établir une comparaison
débits successifs des ventricules en comparant les
des ordonnées qui correspondent aux diminutions
du cœur dans une série de systoles.

S D

Fig. 102. — Schéma de l'opposition des courbes des pulsations du cœur (ligne
et des courbes des changements de volume (ligne inférieure). D, période
diastolique (augmentation de volume). S, durcissement systolique (diminution

Nous pouvons donc poser ici cette règle générale
y aura souvent à faire l'application dans les expérien
vont suivre :

*Dans une série de systoles, les quantités de sang envoy
les artères ne sont pas toujours semblables ; l'amplit
courbes des diminutions systoliques du volume du cœur
dans la série, nous pouvons en déduire des variations
débit et comparer ces variations entre elles.*

III

Expériences sur les modifications apportées au débit du cœur par des influences mécaniques et nerveuses.

Influences mécaniques agissant sur le débit des ventricules : § 1, par obstacle à l'écoulement du sang artériel ; § 2, par obstacle à l'afflux du sang veineux.

§ 1. OBSTACLE A L'ÉCOULEMENT DU SANG ARTÉRIEL.

L'évacuation du ventricule gauche et celle du ventricule droit ont été modifiées dans deux séries d'expériences indépendantes ; dans une autre série, l'obstacle a porté sur les artères des deux ventricules simultanément.

Dans tous les cas on explorait en même temps les changements de volume du cœur à l'intérieur du péricarde et les pulsations ventriculaires (1).

Compression de l'aorte. — L'aorte est comprimée au-dessous du diaphragme : l'anse d'un serre-nœud ayant été au préalable

(1) Je ne veux point compliquer cet exposé en indiquant les phénomènes observés du côté de la pression artérielle quand on gêne le débit des ventricules. Aussi passerai-je sous silence les résultats assez complexes que fournit l'exploration simultanée de la pression, sauf à y revenir plus tard.

glissée au-dessous de l'artère, o
sent de moitié. En diminuant ain
met obstacle à l'écoulement du san
abdominaux ; quoique la compensa
réseaux des branches de l'aorte situ
primé, cette compensation ne pouv
résulte une gêne considérable au d
de proche en proche, l'obstacle au d
retentit sur le débit du ventricule droi
tation du volume total que nous rema
pendant tout le temps que dure la co

Effets du resserrement des vaisseaux
s'observe dans l'expérience de la co
l'aorte, nous fait pressentir l'effet pr
cœur gauche par le resserrement vas
étendu.

Ce resserrement des vaisseaux périp
terminé expérimentalement par l'excita
recte ou réflexe. L'excitation du bout pe
splanchniques constitue un bon moyen
analogue à celui de la compression de l'a
rable, au point de vue où nous sommes pl
recte de la moelle qui entraînerait des c
laires violentes et retentirait sur le cœu
sommes sûrs de localiser l'effet de l'excita
des réseaux abdominaux en nous adressa
phériques des nerfs splanchniques.

Dans ces conditions, l'exploration des ch
lume du cœur fournit des résultats tout à fait
qui viennent d'être signalés à propos de la
l'aorte au-dessous du diaphragme : *augmenta*
cœur tant qu'on maintient l'obstacle à l'écoulem
tique dans un département vasculaire importan
des battements du cœur.

Nous pouvons admettre, comme corollaire d
cèdent, que toutes les influences capables de p
serrement vasculaire étendu agissent dans le r
la compression de l'aorte et que le spasme des
duit par l'excitation de nerfs vaso-moteurs im



Fig. 103. — *Augmentation du volume du cœur pendant la compression de l'aorte du dessous du diaphragme de* C *en* D. — On voit (ligne inférieure, Vol) le niveau des *changements de volume du cœur s'élever au-dessus du niveau normal à partir du poin* C. — *Ligne supérieure PV*, pulsations du ventricule gauche. **Ralentissement** *des battements du cœur pendant la compression.*



Fig. 104. — Changements de volume du cœur (Vol). Pulsations du ventricule droit (PV), pendant la compression incomplete de l'artère pulmonaire de C en D.

tion du froid appliqué sur une grande
cutanée rentre évidemment dans la ca
peuvent restreindre le débit du cœur
tacle à l'écoulement du sang aortique.
cet ordre d'idées qu'il faut chercher l'int
cardiaques (1) produits par un grand
thologiques chez l'homme, depuis le r
et l'athérome artériel, jusqu'à la supp
culaire rénal dans certaines formes du

Obstacle à l'évacuation du cœur droit.
pulmonaire.

L'artère pulmonaire étant embrassée
nœud, au niveau de sa bifurcation,
gorger et remplir bientôt la cavité
tout entière, sauf au niveau de l'extré
port avec le tube de transmission.
Cette distension graduellement cro
droit produisant une expulsion de plu
de l'air contenu dans le système clos
et l'appareil enregistreur, la plume
changements de volume du cœur à u
élevé.

Si la compression était *incomplète*, co
qui a fourni le double tracé de la figure
pouvait encore se vider partiellement
indications des changements de volume
Si au contraire l'artère pulmonaire
térée, comme dans le cas indiqué par l
chacune des diminutions systoliques d
tel point que les dernières ne présenta
insignifiante après quelques instants d

(1) J'ai glissé à dessein sur les modification
s'observent dans les cas d'obstacle au libre éc
reviendrai sur cette question dans le mémoire
expériences sur l'influence de l'augmentation d
intra-cardiaque.

Je crois que les faibles indications de diminutions systoliques du volume du cœur qui persistent encore après quelques secondes de compression de l'artère pulmonaire, doivent être attribuées au ventricule gauche, car l'évacuation du ventricule droit étant complétement supprimée, nous ne devons plus admettre qu'il puisse présenter de diminutions systoliques de volume : ces diminutions de volume au moment des systoles ne pourraient s'expliquer que par une insuffisance tricuspide ; or l'expérience directe (sonde dans l'oreillette) a montré que cette insuffisance n'existe pas.

Il est également probable que les augmentations diastoliques de volume qu'on constate encore n'appartiennent pas davantage au ventricule droit, car l'accumulation du sang dans sa cavité y produit une élévation de pression telle que la pression du sang veineux ne saurait la surmonter. Il ne peut donc plus exister d'afflux dans le ventricule droit dès que le défaut d'évacuation y a produit une distension notable, et les faibles augmentations diastoliques de volume que montre le tracé doivent être, tout comme les faibles diminutions systoliques de volume, rapportées au ventricule gauche. Celui-ci, en effet, conserve quelque temps sa fonction : il peut encore recevoir du sang des vaisseaux pulmonaires remplis avant la compression de l'artère pulmonaire ; son

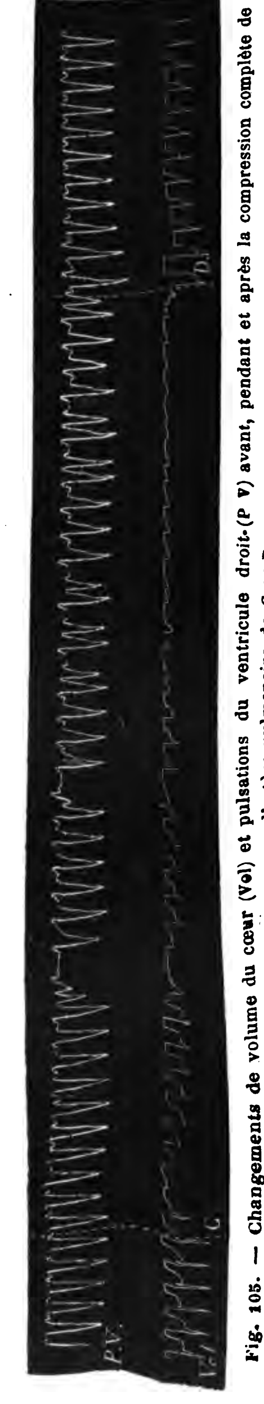


Fig. 105. — **Changements de volume du cœur (Vol) et pulsations du ventricule droit (P V) avant, pendant et après la compression complète de l'artère pulmonaire, de C en D.**

évacuation reste libre, et en rais…
haut, c'est uniquement à ses alte…
de diminution de volume que …
variations quelque temps persis…
lumes (1).

Comme cela avait été fait pour le s…
j'ai provoqué à la périphérie du …
droit des obstacles à l'écoulement …

Il est facile d'obtenir ce résult…
l'une des plus simples consiste à in…
et à le maintenir un certain temp…
de pression intérieure (2).

Si l'insufflation trachéale s'oppo…
sang dans l'oreillette gauche, il en …
la circulation intra-cardiaque, une d…
points identique à celle que nous av…
nous comprimions l'artère pulmon…
à l'évacuation du ventricule droit…
du sang dans les cavités droites :
lume pour cette raison.

Ce défaut d'afflux du sang dans …
nécessairement une diminution d'ab…
complète des ondées du ventricule …
doit donc s'affaisser pendant que le …

(1) Au bout d'un temps suffisant, nous assis…
distension des cavités droites, effacement de…
Or cette condition est précisément celle de…
fois s'arrêter définitivement de cette façon.
L'expérience dans laquelle on comprime l'ar…
diminutions croissantes du débit du cœur, no…
delà de la limite indiquée par l'atténuation p…
gauche.

(2) Nous savons, en effet, par l'ancienne exp…
recherches plus récentes dont les conditions…
Gréhant, de Quincke et Pfeiffer, de Héger, d'…
lation artificielle dans les vaisseaux du poumo…
laires avec une facilité variable suivant l'état …
de l'organe. La condition la plus défavorable …
d'insufflation du poumon.

(3) On a observé, chez des malades …
avec emphysème, souvent, des désordres cardiaques atte…

L'expérience démontre qu'il en est bien ainsi.

Sur un chien dont la moelle a été coupée au niveau du bulbe, et dont on entretient les battements du cœur par la respiration artificielle on explore en même temps les changements de volume du cœur (tube péricardique), les pulsations du cœur à droite et à gauche, et les variations de la pression dans une artère voisine du cœur, la carotide gauche : si l'on prend soin d'empêcher les deux poumons de venir comprimer le péricarde pendant qu'on les insuffle, on observe, dans les variations du volume du cœur, exactement les mêmes phases que quand on comprime l'artère pulmonaire.

Un autre procédé plus direct que l'insufflation du poumon permet de déterminer un obstacle considérable à l'évacuation du cœur droit : c'est l'introduction dans les cavités droites d'un gaz peu soluble dans le sang ou d'une assez grande quantité d'air (1).

droit : ici, nous rentrons dans la série des obstacles à l'écoulement du sang à travers le poumon et des engorgements consécutifs des cavités droites.

Mais un phénomène pathologique plus complexe est le suivant, dont je crois avoir observé un exemple chez une malade sujette à des accès d'oppression avec sensation de plénitude dans la région précordiale. Pendant les accès le cœur est évidemment gorgé, ses battements sont faibles, petits ; le pouls radial devient filiforme, presque nul, et l'angoisse précordiale s'accuse davantage à mesure que l'accès se prolonge.

La coexistence d'autres troubles nerveux, l'existence d'accès d'asthme caractérisés chez les parents nous a fait penser, en outre du resserrement bronchique admis aujourd'hui comme particulier à l'asthme, à un resserrement spasmodique des vaisseaux du poumon produit sous la même influence. Les conséquences de cet obstacle apporté au dégorgement du cœur droit, seraient les mêmes que celles dont il a été question dans la page précédente.

(1) L'étude du mécanisme des accidents consécutifs à l'entrée de l'air dans les veines ne saurait évidemment trouver place dans ce travail où cette question ne se présente qu'à titre d'incidente. Je dirai cependant en peu de mots que des expériences que j'ai faites sur ce sujet me forcent à considérer comme capitale dans la production des accidents, l'obstruction des capillaires pulmonaires, et à repousser la théorie du reflux veineux par la valvule auriculo-ventriculaire droite devenue insuffisante. Cette opinion a été défendue par M. Couty dans sa thèse inaugurale (Paris, 1875) ; mais, malgré l'incontestable mérite de ce travail, je ne saurais en admettre les conclusions. La présence de bulles d'air dans les veines, à la suite de l'injection d'air dans l'oreillette droite, me semble pouvoir être expliquée par le reflux du sang mêlé d'air à chaque systole de l'oreillette. Il n'y a point entre la cavité de l'oreillette et celle des veines afférentes de valvules qui puissent s'opposer à ce reflux ; il n'y en a pas non plus dans les veines du cou qui empêchent de remonter contre le cours du sang, ces bulles d'air chassées de l'oreillette. Celle-ci ne peut à chaque systole,

Après que les pulsations artérielles
l'absence d'afflux dans l'oreillette ga
monaires étant obstrués par les embo
continue à battre. Les battements du
tout aussi inefficaces que ceux du ventri
en effet dans les capillaires du poumo
peuvent surmonter les systoles du ventri
dant le cœur continue à présenter des al
tation et de diminution de volume, moins
doute qu'avant la pénétration de l'air, m
tables. L'évacuation rétrograde du ventric
nullement démontrée (Voy. *la note précéde*
ces changements de volume persistants do
par la compression, au moment de la systole
zeux accumulé dans le ventricule droit, et par
tique de ce mélange au moment du relâcheme
Il résulte de là que malgré le défaut d'év
culaire le cœur peut présenter encore des chan
miques de volume, ce qu'on observe en effet s
recueillies par l'exploration intra-péricardique.

Obstacle à l'évacuation des deux ventric

Je donnerai seulement un exemple des modif

surmonter la résistance de la valvule auriculo-ventriculaire maint
tendue par le sang mêlé d'air qui s'est accumulé dans le ventri
doute pour cette raison qu'on trouve de l'air dans les veines enc
laires après en avoir injecté une certaine quantité du côté de
l'insuffisance tricuspide peut manquer sans que ce reflux du san
fasse défaut. Du reste, quand on prend soin d'introduire l'air dire
le ventricule droit sans en injecter dans l'oreillette plus de quelqu
reflux de sang mélangé de bulles d'air ne s'observe pas, ce qui p
qu'il n'y a point d'insuffisance tricuspide par excès de distension d
droit. Enfin, les signes directs de l'insuffisance font défaut : une sc
métrique introduite dans l'oreillette n'accuse pas, au moment de la sy
triculaire, la brusque augmentation de pression qui résulterait d'un
la valvule insuffisante.

Je crois donc pouvoir, jusqu'à ce que la démonstration du fait cont
fournie, considérer, avec la plupart des auteurs, les principaux accide
sécutifs à l'entrée de l'air dans les veines, comme dus à *l'obstruction* d
seaux pulmonaires par les *embolies gazeuses*.

(1) Voy. Influence de la pression intra-crânienne et de la pression int
diaque sur le rythme des battements du cœur. Mémoire n° X.

fondes apportées à la fonction cardiaque par la compression incomplète des deux artères aorte et pulmonaire faite simultanément : nous aurons à discuter, dans le mémoire X, le mécanisme du grand ralentissement qui s'observe dès que les deux artères sont à demi-comprimées. Je veux seulement appeler ici l'attention sur l'engorgement considérable des cavités cardiaques et sur l'atténuation des diminutions systoliques du volume aussitôt qu'est produite la compression (fig. 106).



Fig. 106. — Effets de la compression incomplète des artères aorte et pulmonaire sur la fréquence et les changements de volume du cœur. La compression est faite à partir de la ligne CC.

V changements de volume du cœur; P D pulsations du ventricule droit; P G pulsations du ventricule gauche.

§ 2. — OBSTACLE MÉCANIQUE A L'AFFLUX DU SANG DANS LES DEUX VENTRICULES.

Dans le paragraphe qui précède, j'ai étudié les modifications apportées au débit des deux ventricules soit par des compressions artérielles, soit par le resserrement des vaisseaux périphériques.

L'obstacle à l'écoulement du sang à travers les réseaux vasculaires du poumon entraîne, comme nous l'avons vu, l'atténuation graduelle, puis la suppression du débit du cœur gauche ; la raison de cette disparition des ondées aortiques réside dans ce fait que *l'oreillette gauche ne peut plus recevoir*

de sang, l'obstacle siégeant dans les réseaux ca
poumon.

Ici devrait se placer l'étude détaillée des cond
lesquelles on observe la ***suppression du débit des***
cules causée par la suppression de l'afflux dans les deu
Ce point spécial est étudié à part dans le mémoire
le titre de « Effets de la compression du cœur à l'i
péricarde » ; je me contenterai donc de rappeler que
sion des ondées aortiques et pulmonaires a été
soumettant le cœur à une contre-pression capable
ter la pression veineuse et de mettre un obstacl
l'entrée du sang dans les oreillettes. On compren
ces conditions, tout afflux et par suite tout débit éta
més, le cœur, qui continue à battre, n'exécute pl
mouvements musculaires sans aucun changement
Aussitôt qu'on suspend la contrepression sur le
changements de volume reparaissent, caractéris
grandes augmentations diastoliques et de fortes d
systoliques, ce qui correspond, comme nous le sav
bondantes réplétions et à d'abondantes évacuati
voit-on la pression artérielle, qui était tombée pres
pendant la compression, se relever rapidement pa
volume considérable des ondées sanguines envoy
ventricules.

IV

Modifications apportées à la réplétion et au débit du cœur par des influences nerveuses directes ou réflexes.

Nous allons aborder maintenant quelques points relatifs à l'influence de l'innervation cardiaque sur le rhythme, les changements de volume et les débits du cœur.

Ces influences nerveuses seront envisagées aux points de vue suivants :

§ 1. — *Modifications comparées de la fonction cardiaque sous l'influence de la section des nerfs pneumogastriques ou de l'excitation des nerfs accélérateurs ;*

§ 2. *Modifications de la fonction cardiaque produites par l'excitation directe ou réflexe des pneumogastriques.*

§ 1. La double section des pneumogastriques est suivie d'une grande accélération des battements du cœur et d'une augmentation parallèle de la pression artérielle.

L'inscription simultanée des changements de volume et des pulsations du cœur après la section successive des deux nerfs (fig. 107) permet de comparer entre elles les évacuations ventriculaires avant et après la section.

De cette comparaison résulte le fait bien évident qu'après la section des pneumogastriques, chaque systole ne débite pas plus qu'avant la section : l'élévation considérable de la pression artérielle résulte seulement *du plus grand nombre d'ondées sanguines envoyées dans le même temps.*

Rapprochons de ces résultats fournis par l'examen des changements de volume du cœur après la section des pneumogas-

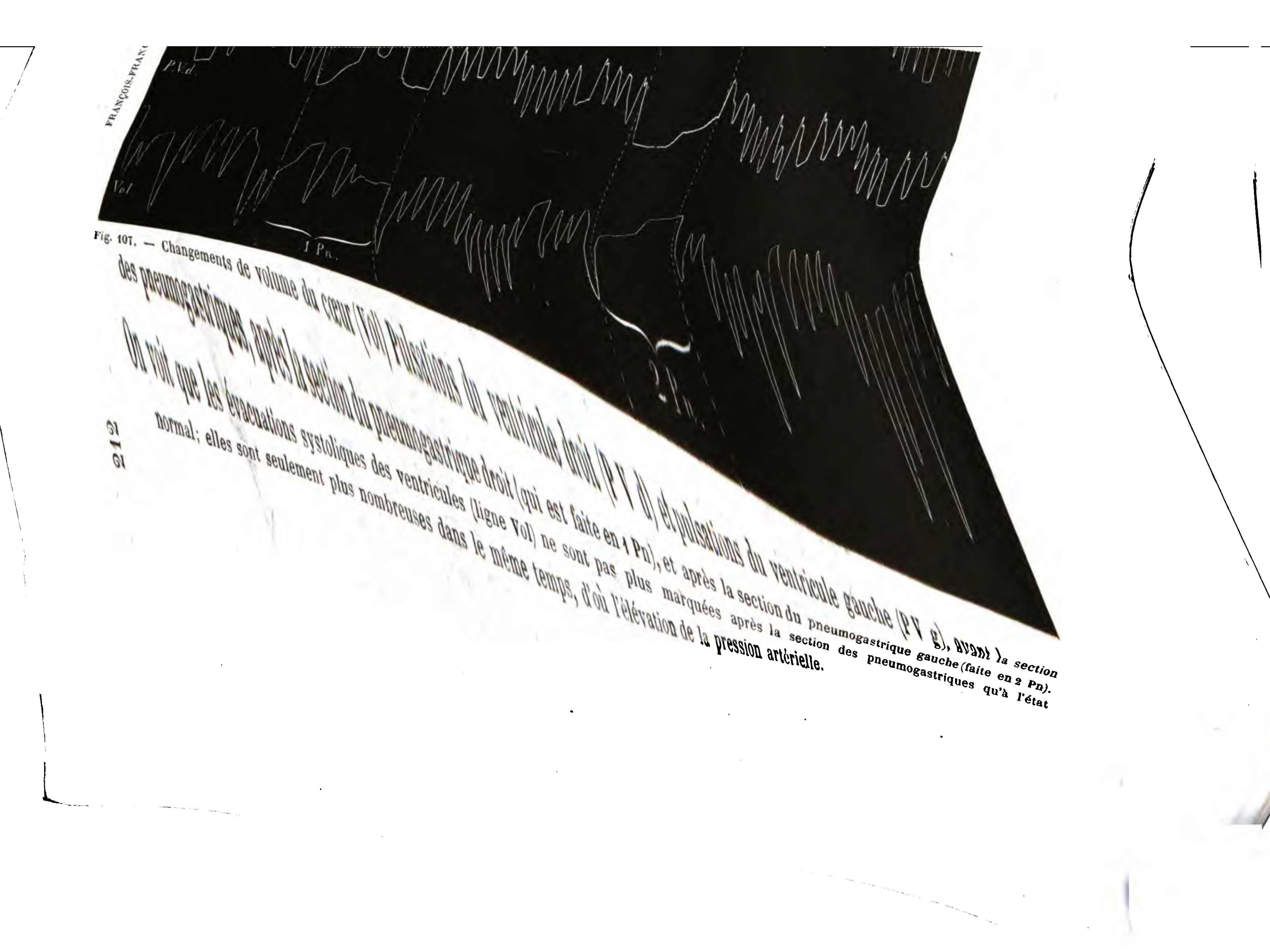


Fig. 107. — Changements de volume du cœur (Vol), pulsations du ventricule droit (P V d), et pulsations du ventricule gauche (P V g), avant la section des pneumogastriques, après la section du pneumogastrique droit (qui est faite en 1 Pn), et après la section du pneumogastrique gauche (faite en 2 Pn). On voit que les évacuations systoliques des ventricules (ligne Vol) ne sont pas plus marquées après la section des pneumogastriques qu'à l'état normal; elles sont seulement plus nombreuses dans le même temps, d'où l'élévation de la pression artérielle.

triques, ceux que donne l'étude comparative des effets de l'excitation des nerfs accélérateurs.

Dans une première série d'expériences, j'ai inscrit les pulsations du cœur toutes seules chez un chien n'ayant subi d'autre opération que celle qui consiste à isoler, à couper et à placer au contact des électrodes l'un des nerfs cardiaques accélérateurs (première branche du ganglion premier thoracique gauche).

La figure 108 montre l'accélération obtenue dans ces conditions.



Fig. 108. — Pc pulsations du cœur d'un chien dont on excite le bout périphérique de la première branche accélératrice. L'excitation indiquée sur la ligne du signal électrique S, est déjà commencée au début du tracé et se termine à la chute de la ligne du signal. L'accélération dépasse le rapport de 3 à 2.

Nous devions nous demander si cette accélération provoquée par l'excitation d'un nerf cardiaque produisait du côté de la pression artérielle des modifications analogues à celles que nous venons de voir suivre la section des pneumogastriques, c'est-à-dire, en même temps que l'augmentation du nombre des pulsations artérielles, une élévation notable de la pression.

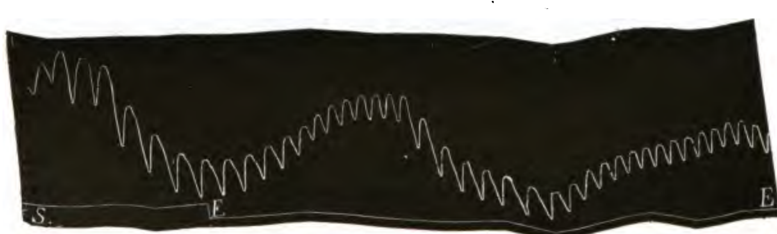


Fig. 109. — Pression fémorale chez un chien dont on excite, à partir du point E (ligne du signal électrique S) le bout périphérique du 1er nerf accélérateur. Les pulsations sont plus rapides, mais la pression, au lieu de s'élever comme après la section des pneumogastriques, s'abaisse légèrement dans ce cas.

L'exemple précédent démontre que le nombre des pulsations a seul augmenté. La pression artérielle, au lieu de s'élever, subit une légère diminution dans le cas présent : le plus sou-

vent elle ne varie pas ou ne se r
très-restreinte.

Il fallait interpréter ce phénom
la pression artérielle quand on a
tements du cœur par l'excitation
Sans doute, on devait admettr
la phase d'accélération fournit un
cune des systoles des phases p
ration. Mais une démonstration
encore l'étude des diminutions
conditions différentes qui nous l'

L'expérience était ainsi dispo
Le chien, ayant une partie du
à l'exploration des pulsations et
du cœur. Les deux inscriptions
ment sur le cylindre enregistre
ble tracé, un signal électro-m
fournissait l'indication de la d
tations induites appliquées au b
branches accélératrices.

Si l'interprétation donnée plus
tation de la pression était just
pendant la phase d'accélération
cune par une moindre diminuti
une moindre évacuation, et qu
des ordonnées des diminutions
était sensiblement égale à la s
normales pendant le même tem

L'expérience a montré qu'il
suivant montre, par exemple,
du volume du cœur étaient moi
ration que pendant les instant

On voit très-nettem
pendant une période d'excitatio
lement les *diminutions systoliq*
que le volume total du cœur di
semble s'accuse par l'abaisse
tracé : le cœur occupe dans la
moins grand, d'où un rappel

scrivante en la ramenant graduellement au-dessous de son point de départ.



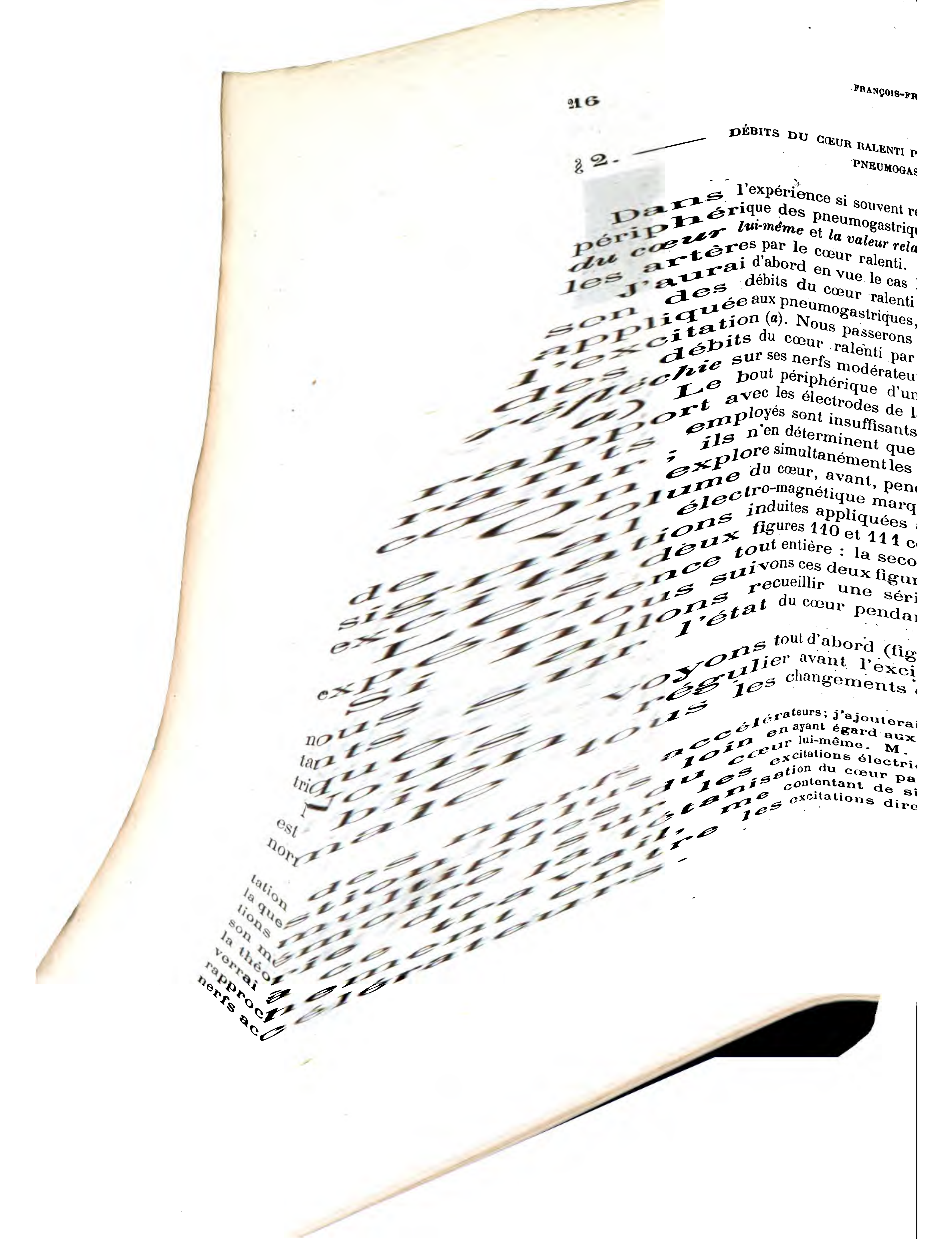
Fig. 109. — Changements de volume (Vol.) et pulsations du cœur (P V) pendant l'excitation de la première branche accélératrice. La fréquence et la durée des excitations sont indiquées par le signal électro-magnétique (ligne S).

D'où vient cette diminution graduelle du volume de l'organe pendant son accélération produite par l'excitation des nerfs accélérateurs ? On peut en saisir la cause en considérant que, non-seulement chacune des évacuations du cœur est moins étendue, mais que chaque réplétion est moins marquée. En effet les courbes d'augmentation diastolique de volume sont moins étendues que dans les conditions ordinaires.

Tirons de ces deux faits l'explication du défaut d'élévation de la pression artérielle et l'indication du mécanisme en vertu duquel agit l'excitation des nerfs accélérateurs sur le cœur :

Les diastoles sont moins amples, et, par suite, les augmentations de volume correspondant aux réplétions diastoliques moins accusées. Dans une série de pulsations accélérées par l'excitation des nerfs cardiaques du sympathique, les quantités de sang reçues par les ventricules sont moindres, et, par conséquent, les débits du cœur moins considérables. On doit se représenter le cœur comme toujours ramené par l'excitation au resserrement systolique et n'ayant jamais le temps de fournir une diastole complète. Si la même excitation était appliquée au nerf moteur d'un muscle ordinaire, elle provoquerait des secousses presque fusionnées : appliquée aux nerfs accélérateurs du cœur, l'excitation ne provoque pas de tétanos complet ; elle rapproche les secousses en maintenant le cœur dans un demi-resserrement (1).

(1) Je ne puis ici prolonger davantage l'examen des effets produits par l'exci-



§ 2. — DÉBITS DU CŒUR RALENTI P
PNEUMOGAS

Dans l'expérience si souvent r
périphérique des pneumogastriqu
du cœur *lui-même* et *la valeur rela*
les artères par le cœur ralenti.
J'aurai d'abord en vue le cas
son des débits du cœur ralenti
appliquée aux pneumogastriques,
l'excitation (a). Nous passerons
des débits du cœur ralenti par
réfléchie sur ses nerfs modérateu

Le bout périphérique d'un
rapport avec les électrodes de l
employés sont insuffisants
; ils n'en déterminent que
explore simultanément les
volume du cœur, avant, pen
électro-magnétique marq
tions induites appliquées
deux figures 110 et 111 c
expérience tout entière : la seco
nous suivons ces deux figur
lions recueillir une séri
l'état du cœur pendan

voyons tout d'abord (fig
régulier avant l'exci
nous les changements

tation
la que
lions
son m
la théo
verrai
rapproch
nerfs ac

accélérateurs; j'ajouterai
loin en ayant égard aux
du cœur lui-même. M.
les excitations électri
tanisation du cœur pa
me contentant de si
les excitations dire

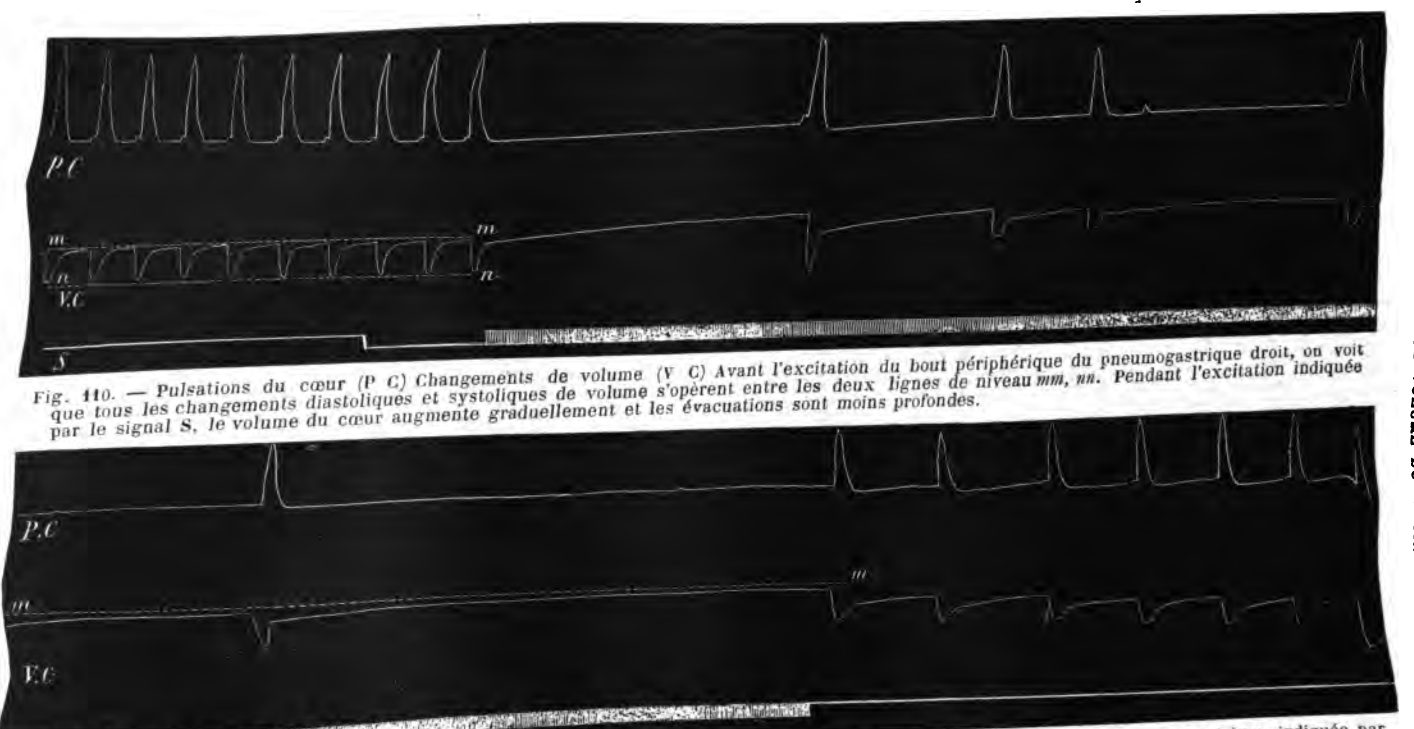


Fig. 110. — Pulsations du cœur (P C) Changements de volume (V C) Avant l'excitation du bout périphérique du pneumogastrique droit, on voit que tous les changements diastoliques et systoliques de volume s'opèrent entre les deux lignes de niveau *mm*, *nn*. Pendant l'excitation indiquée par le signal S, le volume du cœur augmente graduellement et les évacuations sont moins profondes.

Fig. 111. — **Pulsations du cœur** (P C) et changements de volume (V C). Pendant l'excitation du bout périphérique du pneumogastrique indiquée par **le signal S, le cœur est gorgé** et son évacuation très-peu marquée aussitôt que cesse l'excitation, le dégorgement du cœur s'opère, son volume **tombe de plus en plus au-dessous de la** ligne de niveau maxima *mm*.

entre eux ; les augmentations c
nissent des courbes ascendantes
sont sur une même horizontale .
culaires s'accusent par des chute
les minima sont placés sur une
conséquent tous les changements
tations diastoliques et diminution
par deux lignes *mm*, *nn*, parallèles
l'identité de ces valeurs successi
Nous excitons le bout périphé
droit : aussitôt se produit une g
cœur pendant laquelle le sang affl
tend. Nous voyons cet engorgem
pendant son repos prolongé, s'ac
lumes par une courbe oblique et
ne tarde pas à dépasser la ligne
tions normales de volume. Survie
cules précédée d'une forte systole
cules évacuent leur contenu dans l
évacuation est facilitée par l'ab
la pression qui s'est produite penda
voit que la diminution systolique
sidérable que dans les conditions n
vacuation descend au-dessous du
aux minima des lignes d'évacuat
du pneumogastrique continuant, le
cées à des intervalles différents,
évacuation est moins complète qu
conserve pendant toute la durée d
exagéré.

Dès que cesse l'excitation (fig. 111
un rhythme plus accéléré ; on voit al
ger davantage, le cœur recevoir m
diastoles qui sont plus courtes, et le v
duellement ; l'inclinaison de la fi
(fig. 111) montre bien cette diminuti

Il résulte de cet examen succinct
du pneumogastrique le cœur reste go
que, ses pulsations diastoliques étant plus

entre deux systoles de recevoir davantage, mais aussi parce que chaque systole ne parvient pas à le vider du sang qu'il a reçu (1).

b) A côté de cet exemple des troubles apportés à la fonction cardiaque par l'excitation directe du pneumogastrique, je placerai le suivant, qui est fourni par l'excitation réflexe de l'appareil modérateur du cœur à la suite de l'injection intra-veineuse d'une forte dose d'hydrate de chloral.

Le chloral agit ici, comme toute autre substance irritante injectée dans le cœur droit, par son contact avec l'endocarde; il provoque l'arrêt ou le ralentissement du cœur en agissant par voie réflexe sur les terminaisons cardiaques des pneumogastriques (2).

On peut juger par la figure 112, du sens des modifications apportées à la fonction cardiaque par l'injection de 40 centigrammes d'hydrate de choral en solution dans 2 centimètres cubes d'eau, injectés brusquement dans la veine jugulaire d'un chien de taille moyenne.

Dès que la substance irritante est arrivée dans le cœur droit, les battements se ralentissent, les réplétions diastoliques s'exagèrent, l'engorgement graduel du cœur se traduit par l'élévation du niveau des changements de volume au-dessus de la ligne des *maxima* primitifs; enfin, pendant le grand arrêt diastolique qui fait suite à ces premiers troubles, l'augmentation progressive du volume du cœur s'accuse par l'ascension de la courbe de réplétion.

Avant de quitter la question qui nous occupe, celle des modifications de la fonction cardiaque sous l'influence de l'excitation directe ou réflexe des nerfs pneumogastriques, j'ajouterai

(1) Il n'y a aucune déduction théorique à tirer de ces remarques, et les partisans de la diastole active ne doivent point y voir un argument en faveur de leur opinion, dont le peu de fondement a été récemment encore bien établi par Mosso et Pagliani dans leur critique du travail de Chirone. Nous ne pourrons rien conclure au sujet du mécanisme de ces arrêts du cœur en diastole, avec réplétion plus grande que normalement et évacuation moins complète, tant que l'étude des véritables fonctions des appareils nerveux intra-cardiaques ne sera pas plus avancée, et nous n'entrevoyons aujourd'hui aucune solution satisfaisante à cette question.

(2) Je passe rapidement sur cette intéressante question du mécanisme des accidents cardiaques produits par les injections intra-veineuses de chloral. Elle se trouve développée dans le mémoire n° VI, qui traite spécialement de ce sujet.

Fig. 112. — Pression fémorale (PF) et changements de volume du cœur (Vol). En I, on injecte brusquement 0,40 centigrammes de chloral dans la jugulaire droite du chien. On voit aussitôt le cœur se ralentir : ses réplétions diastoliques D deviennent plus considérables ; enfin se produit un grand arrêt diastolique pendant lequel l'engorgement des cavités cardiaques va croissant.

quelques détails aux conclusions d'un mémoire que j'ai publié l'année dernière sur « les effets cardiaques et vasculaires des excitations périphériques » (1).

J'avais étudié dans ce travail les troubles cardiaques produits par différentes excitations de nerfs sensibles et particulièrement par l'application passagère d'une éponge imbibée de chloroforme ou d'un autre liquide volatil et irritant sur les narines. L'effet constant de cette excitation du trijumeau consiste en un ralentissement plus ou moins prolongé du cœur, mais, en même temps que le cœur se ralentit, la pression artérielle s'élève ou s'abaisse suivant des conditions que je n'ai fait qu'indiquer dans mon précédent travail, et dont la discussion vient ici en son lieu.

Les faits sont les suivants :

1° *Quand le ralentissement réflexe du cœur est très-considérable, la pression artérielle s'abaisse* comme dans le cas d'excitation directe et modérée du pneumogastrique.

La figure 113 montre un exemple de ce cas.



Fig. 113. — PC, pression carotidienne du lapin. C, pulsations du cœur. — Au point E' on excite les narines avec une goutte d'ammoniaque. — Le cœur se ralentit considérablement, la pression s'abaisse. A la fin du tracé deux pulsations plus rapprochées se produisent, la pression commence à remonter.

2° *Quand le ralentissement réflexe du cœur est peu marqué la pression artérielle s'élève* malgré ce ralentissement ; la figure suivante indique ce nouveau cas.

Or, dans toutes les expériences sur les excitations des nerfs sensibles, on observe un phénomène constant *le resserrement vasculaire réflexe*. Si ce resserrement des vaisseaux était la

(1) *Travaux du Laboratoire*, 1876, Mémoire VI.

seule conséquence de l'excitation périphérique
cas la pression artérielle s'élèverait. Mais, cor
ralentit en même temps que les vaisseaux
on comprend quelle large part doit être faite
dans les variations observées.

Fig. 114. — Élévation de la pression carotidienne (PE) cons (E). — Ralentissement du cœur (ligne C), provoqué par le chéotomisé).

1° Si, en même temps que se produit
vaisseaux périphériques, les systoles du c
(voy. fig. 113), malgré le resserrement
doit s'abaisser par cause d'afflux sangu
système artériel. Le spasme vasculaire
favorable à l'élévation de la pression, r
continue à envoyer dans les artères de
males dans un temps donné. Or, c'est
battements du cœur sont tellement
battements l'écoulement périphérique
ter un écoulement plus considérable

2° Quand, au contraire, le resser
seaux restant constant, les battem
qu'une diminution numérique peu
dans le système artériel conservent
que le spasme vasculaire puisse pr
l'élévation de la pression (voy. fig

Cette question se ramène don
des débits du cœur dans les deux c

Forcé d'opérer sur le lapin, chez lequel ces phénomènes sont surtout bien évidents, je me suis heurté à une difficulté toute technique, qui est la suivante : le péricarde de cet animal est assez fragile pour qu'on n'y puisse fixer qu'à grand' peine un tube explorateur ; de plus, quand ce tube est en place, les changements de volume du cœur sont insuffisants à produire des expulsions et des rappels d'air assez considérables pour fournir des courbes détaillées avec les appareils inscripteurs. Si l'on essaie de totaliser avec un liquide ces mouvements trop peu étendus, le tube péricardique étant nécessairement de petit calibre, on n'obtient pas encore de déplacements d'air suffisants, ou bien le poids de la colonne de sérum ou d'huile suffit pour troubler la fonction cardiaque, en comprimant les oreillettes (*Voy.* Mémoire IV).

On est donc réduit à suivre de l'œil les excursions d'une fine colonne liquide dans le tube fixé au péricarde, et nécessairement on risque d'être induit en erreur, le contrôle de l'inscription faisant défaut. Aussi ne donnerai-je que sous toutes réserves les résultats suivants que j'ai observés, en comparant, autant qu'il est possible de le faire avec exactitude, les variations du niveau d'un petit index coloré dans le tube péricardique :

La somme des abaissements du niveau du liquide correspondant à la somme des évacuations ventriculaires pendant une demi-minute a été trouvée différente dans les deux cas suivants :

1° Le cœur étant *très-ralenti* par l'excitation nasale et la pression carotidienne s'abaissant, *le débit des ventricules serait représenté par* 10.

2° Le cœur étant *peu ralenti* et la pression carotidienne s'élevant, le *débit ventriculaire*, dans le même temps que plus haut, *serait représenté par* 25.

C'est donc par le rapport de 2 à 5 que, dans l'expérience dont il s'agit, j'exprimerai la différence des débits ventriculaires.

Si ces expériences, dans lesquelles l'observateur est trop directement en jeu, ne peuvent être rigoureusement exactes,

elles semblent néanmoins devoir faire admettre (je le disais dans la conclusion de mon premier à une différence des débits du cœur dans le même peut rapporter les différences notées dans les v la pression artérielle.

V

Changements de volume du cœur indiqués par l'exploration trachéale chez les animaux, et par l'exploration buccale chez l'homme.

---

§ 1. — EXPLORATION TRACHÉALE CHEZ LES ANIMAUX.

Les variations de la pression de l'air dans la trachée. pendant l'arrêt de la respiration, donnent des indications identiques à celles que nous avons obtenues en explorant la cavité du péricarde. Dans les deux cas, les courbes expriment les augmentations diastoliques et les diminutions systoliques du volume du cœur.

Avant de donner le résultat des expériences, je crois devoir justifier tout d'abord, au point de vue théorique, l'assimilation que je viens d'indiquer, et donner les raisons pour lesquelles il n'est pas possible d'admettre que cette exploration trachéale fournisse les courbes des *pulsations* du cœur, comme on l'a dit quelquefois.

Le poumon étant maintenu immobile dans la cage thoracique, représente une cavité à compartiments multiples dont les parois peuvent être repoussées ou attirées suivant que la pression augmente ou diminue dans le milieu occupé par le poumon.

Si une aspiration s'exerce à la surface du poumon, un courant d'air s'établira de la pression la plus forte (atmosphère) vers la pression la plus faible (cavité pulmonaire) : l'inspiration ne se produit pas autrement.

C'est ainsi que, dans l'état d'immobilité du thorax, les pa-

rois du poumon obéiront à l'*aspiration créée par la systole* cœur. Les ventricules, en se vidant dans les artères, diminu de volume, et leur évacuation s'accompagne d'une aspirat s'exerçant sur les parois mobiles qui avoisinent le cœur, celles du poumon, comme sur celles du thorax, du cr épigastrique, etc.

Mettons la trachée d'un animal chez lequel on suspen respiration par tel ou tel procédé, en rapport avec le tu transmission d'un tambour à levier inscripteur : l'appel qui se produit pendant la diminution systolique du volu cœur, s'exerce dans le système clos représenté par la de la trachée, des bronches et du tambour à levier in teur ; l'*abaissement* de la courbe recueillie sur un cylind registreur correspondra donc à la ***diminution systoliq*** volume du cœur.

Plus l'évacuation du cœur sera complète, plus l'asp exercée par l'organe qui diminue de volume sera éne plus aussi la courbe correspondante sera étendue. Nou rons de cette façon comparer entre elles, ***au point d*** leur débit, une série de systoles ; nous n'aurons à teni que des étendues relatives des courbes de diminutio liques de volume (1).

Les diminutions de la pression trachéale dues à l' tion de l'air contenu dans les bronches au moment toles du cœur, ont pour pendant les augmentations sion intra-trachéale produites par l'augmentation de cœur recevant du sang au moment de la diastole. Il est inutile d'insister sur le mode de production nomène inverse du précédent. Les conditions son

(1) Nous retrouvons, dans cette étude des débits du cœur f degrés variables d'aspiration de l'air contenu dans le poumon, l ments qui nous ont déjà servi dans les précédents chapitres, traité de l'exploration intra-péricardique. Les deux procédés dentiques. Dans un cas, on explore les diminutions de la p dans la cavité du péricarde mis en rapport avec un appare dans l'autre, on inscrit les variations de la pression de l'air trachéo-bronchique. L'aspiration exercée par le cœur pendan directement sur l'appareil inscripteur quand on explore la péricarde ; elle agit par l'intermédiaire du poumon quand on trachéale.

les indications obtenues par l'exploration trachéale le sont aussi.

Il y a un moyen bien simple, négligé à tort dans ce genre d'exploration, de s'assurer que les indications fournies par l'exploration trachéale sont celles des changements de volume et non pas celles des pulsations du cœur. Ce moyen consiste à inscrire simultanément les pulsations extérieures du cœur et les variations de la pression trachéale.

Dans ces conditions, l'examen des tracés obtenus permet de saisir le sens des deux courbes. Je donne ici un exemple des rapports qui existent entre les pulsations cardiaques enregistrées au moyen d'un appareil explorateur appliqué sur la paroi thoracique, et les changements de volume du cœur inscrits à l'aide d'une canule trachéale.



Fig. 115. — Courbes simultanées des variations de la pression trachéale (V) et des pulsations extérieures du cœur (P). — S, systole. — D, diastole.

On retrouve dans cette figure la même opposition des courbes systoliques (S) que dans la figure de la page suivante fournie par l'exploration directe des changements de volume du cœur.

On voit bien nettement, grâce à la superposition des courbes (fig. 115), que les variations affectent une marche inverse sur chacune des deux lignes : la systole s'accuse sur la ligne supérieure par une ascension du tracé ; sur la ligne inférieure par une descente. Le cœur se durcit et donne le choc extérieur (pulsation), mais diminue de volume en créant autour de lui l'aspiration dont nous avons parlé (rappel d'air de la trachée vers la cavité thoracique). Que l'on compare ces résultats à ceux que nous avons retirés de l'exploration intra-péricardique, et de l'exploration simultanée des pulsations du cœur,

et l'on en pourra constater la parfaite ressemblance. Je reproduis ici, pour faciliter le rapprochement, un double tracé des changements de volume du cœur (péricarde) et des pulsations extérieures.

Fig. 116. — Superposition des courbes correspondant aux changements de volume du cœur (ligne Vol), aux pulsations du ventricule droit Pvd et du ventricule gauche Pvg. — On voit chaque systole S, accusée sur les lignes des pulsations Pvd. — Pvg. par une ascension de la courbe (durcissement systolique), se traduire sur la ligne des changements de volume (Vol) par un abaissement du tracé (évacuation dans les artères). — La réplétion diastolique D correspond à une forte élévation de la courbe des volumes qui commence au moment du relâchement ventriculaire.

Nous sommes donc fondés maintenant à repousser toute assimilation entre les indications fournies par l'exploration trachéale et l'exploration des pulsations du cœur. Mais nous devons nous arrêter un instant sur l'objection très-spécieuse que voici :

Par l'exploration des pressions intra-trachéales sur un animal dont la respiration est suspendue, ce ne sont ni les changements de volume ni les pulsations du cœur dont on recueille l'indication ; on inscrit *les pulsations des artères pulmonaires.*

Il suffit d'examiner les tracés simultanés fournis par cette exploration trachéale et par les pulsations du cœur (fig. 115) pour rester convaincu que l'objection n'a de juste que l'apparence. S'il s'agissait des pulsations des branches des artères pulmonaires, nous verrions s'inscrire des courbes ab-

solument inverses de celles que nous obtenons : au moment de la systole ventriculaire, au lieu d'une chute du tracé correspondant à un rappel d'air dans la trachée, nous verrions s'inscrire des courbes *sphygmographiques*, absolument comme si nous explorions le pouls d'une artère.

Il n'y a donc pas lieu de discuter ce point ; l'objection tombe d'elle-même en présence du fait.

Il n'est cependant pas inutile de chercher pourquoi les pulsations des artères pulmonaires à la surface interne du poumon ne s'accusent pas sur les courbes des variations de la pression de l'air recueillies dans la trachée.

Les mouvements d'expansion et de resserrement des vaisseaux ont été étudiés avec détails dans les organes périphériques (1); on sait que la totalisation de ces petits mouvements partiels dans des appareils appropriés fournit les indications des changements du calibre des vaisseaux. Il est très-logique dès lors de se demander pourquoi la somme de ces mouvements d'expansion et de retrait ne détermine pas de variations appréciables dans la pression de l'air contenu dans le poumon, ces mouvements se produisant au sein du milieu qu'on explore.

La réponse à cette question est facile. Ces mouvements, quoique totalisés, constituent cependant une cause de variation peu importante, eu égard à la cause de variation qui dépend des mouvements étendus provenant des changements de volume de cœur. Ces derniers *dissimulent* les petits mouvements produits par les changements de calibre des vaisseaux intra-pulmonaires. Les variations dues aux changements de volume du cœur sont inverses, comme nous l'avons vu, des variations que produiraient les pulsations des artères pulmonaires; et, comme les variations de cause cardiaque sont infiniment plus étendues que les variations de cause artérielle, il en résulte l'absorption des petits mouvements par les grands. Le seul résultat de cette opposition entre les deux ordres de variations serait d'atténuer légèrement l'amplitude des courbes des changements de volume du cœur. L'air contenu dans l'appareil trachéo-bronchique, sollicité par deux forces antagonistes, l'une puissante, l'autre faible, obéit à la première,

(1) *Travaux du Laboratoire*, 1876. Mémoire I.

la seconde étant tout au plus capable d'amoindrir l'effet […] son antagoniste (1).

Mais il est une condition dans laquelle l'exploration tr[…]chéale ne nous fournit absolument plus que les variations du[…] aux *changements de calibre des vaisseaux intra-pulmonair[…]*. Cette condition essentielle, c'est *l'ouverture du thorax* et […] *suppression du vide pleural* à la suite de cette communicat[…] avec l'atmosphère.

Pourquoi, en effet, quand la poitrine est fermée, obten[…] nous exclusivement l'indication des changements de vol[…] du cœur en explorant les variations de la pression de […] dans la trachée ? C'est qu'il existe dans la cavité thorac[…] une pression diminuée (aspiration pleurale) que les éva[…]tions et réplétions du cœur font varier en plus et en m[…]. Le poumon subit directement les influences des variat[…] alternatives de cette aspiration qui s'opèrent autour de l[…]. Si, au contraire, nous ouvrons la cavité thoracique, la […]munication avec l'atmosphère étant largement établie, […] changements de volume du cœur ne peuvent plus agir s[…] poumon ; le thorax ne forme plus cavité close, et le c[…] en diminuant de volume pendant sa systole, ne peu[…] plus exercer d'aspiration sur le poumon qu'il ne peut e[…]fouler le contenu quand il augmente de volume pendant l[…]stole. Dès lors les dilatations des vaisseaux intra-pulmo[…] produites par les afflux sanguins du ventricule droit, […] resserrements alternatifs de ces vaisseaux agissent seu[…] l'air contenu dans le poumon et au sein duquel ces d[…] mouvements s'exécutent. C'est dans ces conditions qu[…]ploration trachéale devient une véritable exploration […]mographique. Les pulsations des artères pulmonaires so[…] enregistrées par l'intermédiaire de la colonne d'air tr[…]bronchique, comme le seraient les pulsations d'une artèr[…]conque à l'aide du sphygmoscope. Le sphygmoscope, e[…] consiste, comme on sait, en un doigt de gant de caoutcho[…] la cavité est mise en rapport, à l'aide d'une canule, av[…] branche artérielle, et qui est logé dans un tube rempl[…]

(1) Ajoutons que les deux ventricules agissent simultanément pour l'aspiration par la diminution de volume, tandis que l'ondée du ventri[…] toute seule est poussée dans les vaisseaux pulmonaires.

Chaque variation de pression dans l'artère s'accompagne d'une dilatation du doigt de gant; celui-ci, en se dilatant, refoule au dehors une partie de l'air contenu dans le tube qui le renferme. Cette colonne d'air comprimé agit à distance sur un tambour à levier inscripteur qui donne les courbes des variations de la pression artérielle. L'ensemble des branches de l'artère pulmonaire peut être considéré comme une vaste ampoule élastique dont les expansions et retraits s'opèrent dans une cavité remplie d'air, la cavité trachéo-bronchique. Comme dans le sphygmoscope, ces mouvements de l'air alternativement comprimé et raréfié par les changements de calibre des vaisseaux étant transmis à un appareil inscripteur, fournissent à distance des courbes de pulsations artérielles.

Le double tracé suivant montre, sur le chien *dont la poitrine est ouverte*, les résultats de l'exploration trachéale à côté des pulsations du cœur explorées directement.

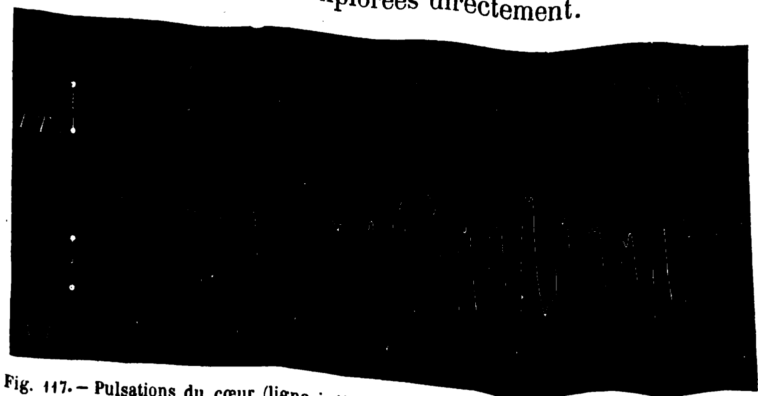


Fig. 117. — Pulsations du cœur (ligne inférieure Vol) recueillies en même temps que les pulsations intra-trachéales (pulsations des artères pulmonaires PT) sur un chien dont le thorax a été ouvert.

Cette exploration des variations de la pression intra-trachéale peut donc nous fournir deux indications absolument différentes suivant que la cavité thoracique est ouverte ou fermée.

1° Quand la cavité thoracique est *fermée*, l'aspiration produite par la diminution systolique du volume du cœur, entraîne un appel d'air de la trachée vers le poumon; le refoulement de l'air hors du poumon vers l'extérieur est, au contraire, déterminé par l'augmentation diastolique du volume du cœur.

Dans ces conditions l'exploration trachéale fournit l'indice des changements de volume du cœur.

2° Quand le thorax est ouvert, les changements de volume du cœur ne peuvent plus agir sur l'air contenu dans le poumon ; ce sont les changements de calibre des vaisseaux intra-pulmonaires qui mettent en mouvement la colonne d'air trachéo-bronchique, à la façon des changements de volume de l'ampoule élastique d'un sphygmoscope dans le tube qui la contient. *Dans ce second cas, ce sont donc les variations de calibre des rameaux de l'artère pulmonaire qui sont totalisées et transmises à l'appareil enregistreur.*

Il y aura, sans aucun doute, un parti sérieux à tirer des résultats dans les conditions qui viennent d'être précisées. L'étude de la circulation cardio-pulmonaire pourra être faite comme celle de la circulation générale et menée de front avec cette dernière. On ne saurait prévoir aujourd'hui ce qui ressortira de ces recherches, mais il parait incontestable que ce nouveau moyen d'étude fournira sur les rapports des deux circulations et sur le fonctionnement comparé des cœurs droit et gauche, les plus utiles renseignements. J'ai dû devoir réserver ce point spécial et poursuivre les expériences avant d'en présenter les résultats encore incomplets. L'étude que j'ai faite s'est bornée jusqu'ici à déterminer le retard des pulsations des artères intra-pulmonaires sur la systole cardiaque : j'ai aussi commencé des expériences sur l'influence qu'exerce l'arrêt prolongé de la respiration sur la circulation cardio-pulmonaire et sur l'action de certaines substances capables de provoquer des variations de calibre des vaisseaux du poumon. Ces différents résultats seront probablement exposés l'année prochaine dans un travail à part qui servira de complément à celui-ci.

Je bornerai donc à ces détails techniques l'exposé de mes recherches sur l'exploration des changements du volume du cœur par l'exploration trachéale chez les animaux à thorax fermé et des variations du calibre des vaisseaux pulmonaires sur les animaux à thorax ouvert.

Le chapitre suivant sera consacré à l'étude des changements du volume du cœur chez l'homme.

§ 2. — CHANGEMENTS DE VOLUME DU CŒUR ÉTUDIÉS A L'AIDE DE L'EXPLORATION BUCCALE, CHEZ L'HOMME.

J'aurai peu de développements à donner sur le principe de ce mode d'exploration de la fonction cardiaque chez l'homme, cette étude se ramenant à celle que nous avons faite en explorant les pressions de l'air dans la trachée du chien.

Il est évident que la cavité buccale étant maintenue en communication avec la cavité trachéo-bronchique par l'ouverture de la glotte, ce sont les variations de pression subies par la colonne d'air trachéo-bronchique qu'on explore en plaçant un tube de transmission dans la bouche. Or nous savons (*voy.* p. 227) que chaque systole du cœur s'accompagnant d'une diminution de volume de l'organe, crée autour du cœur une aspiration à laquelle obéit le poumon et qui entraîne un rappel de l'air renfermé dans la cavité trachéo-bronchique ; nous savons aussi que pendant la diastole un phénomène inverse se produit, d'où résulte le refoulement d'une certaine quantité d'air hors de la poitrine. Ces va-et-vient de la colonne d'air nous ont fourni des courbes exprimant les changements du volume du cœur quand nous explorions la cavité trachéale chez le chien : les mêmes variations de la pression de l'air dans le système clos représenté par la cavité buccale, le larynx, la trachée et les bronches, nous donnent chez l'homme des courbes identiques.

Si l'on recueille ces courbes des variations de la pression de l'air dans la cavité buccale sans inscrire en même temps soit les pulsations du cœur, soit les pulsations d'une artère, on peut facilement commettre une erreur d'interprétation sur laquelle nous devons insister.

Cette erreur consiste à considérer les mouvements de l'air qui se produisent dans la cavité buccale, quand la glotte est ouverte, les narines fermées et la respiration suspendue, comme déterminés par le choc du cœur sur le poumon au moment de la systole. Dès lors la ligne ascendante de la courbe correspondrait à la systole, la ligne descendante à la diastole, c'est-à-dire que ces tracés des variations de la pression de

l'air auraient une signification invers
attribuons et que l'analyse va nous
Dans un travail récent, M. Regnar
nous parlons ; il a recueilli les tracés
sans chercher à s'assurer du sens
l'inscription simultanée des pulsation
carotidien. Il a dû, par suite, att
lique ce qui, en réalité, revient à la
ment (1).

L'expérience de l'inscription des
du cœur par l'exploration buccale est
ter sur soi-même, et il faut indiquer
doit s'entourer pour réaliser cette ex
leures conditions.

Le point principal dont on doit te
verture *permanente de la glotte* pend
toire.

Pour se bien assurer que cette cond
bon de procéder de la façon suivante :
Le tube qui est placé entre les lèvre
uer la cavité buccale avec l'appareil
une bifurcation sur laquelle est branch
Après avoir arrêté la respiration en i
narines, on souffle légèrement dans l
[illegible] appliquées les lèvres ; le manomètre
[illegible] qui prouve que la glotte reste ouv
[illegible] les variations de la pression de
[illegible] transmises à la cavité buccal
[illegible] inscripteur.

[illegible] indispensable d'inscrire, en mêm
[illegible] de la pression trachéo-buccale, l
[illegible] au niveau de l'espace interco
[illegible] pulsations d'une artère, la ca
La superposition exacte de ces deux or

(1) *Revue mensuelle*, avril 1877. Le reste du trav
[illegible] l'intérêt que l'auteur a su lui donner. La
[illegible] dont s'est occupé M. Regnard, doit seule
[illegible] c'est-à-dire que le souffle attribué au r
[illegible] de la systole devient un souffle

seule de se bien rendre compte du sens des courbes buccales.

C'est ainsi qu'a été obtenu le double tracé suivant.

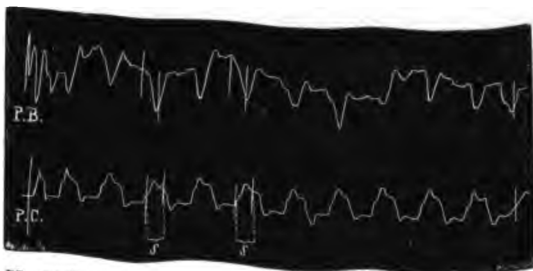


Fig. 118. — PB, variations de la pression trachéo-buccale inscrites en même temps que les pulsations du cœur PC. — S S systoles.

La ligne inférieure présente une série de pulsations du cœur : la systole (*s*) s'accuse par l'ascension et le sommet plus ou moins incliné de chaque courbe, la diastole, par la ligne descendante et la ligne un peu oblique qui lui fait suite.

Sur la ligne supérieure, on voit des courbes qui alternent avec les précédentes. Ce sont celles des changements de volume du cœur : évacuation dans les artères, diminution de volume (ligne descendante) au moment de la systole *s* ; augmentation de volume, réplétion du cœur (ligne ascendante, et surbaissée pendant la diastole).

L'expérience précédente justifie déjà suffisamment ce que nous avons dit plus haut du sens des indications buccales par rapport aux pulsations du cœur. On peut cependant compléter la démonstration en recueillant en même temps les tracés des mouvements de l'air dans la cavité buccale et ceux du pouls artériel.

C'est ce qui a été fait dans l'expérience qui a fourni le double tracé suivant.

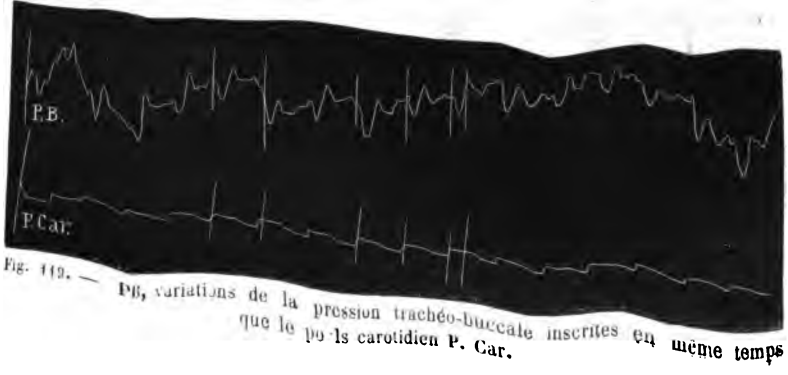


Fig. 119. — PB, variations de la pression trachéo-buccale inscrites en même temps que le pouls carotidien P. Car.

On voit, d'après les repères tracés sur ch... pouls carotidien se produit un court insta... de la diminution systolique de volume du c... que nous observons ici, entre le début de ... pression carotidienne et le début de la ligne ... tolique, le même retard qu'entre le pouls ca... mencement de la pulsation du cœur recue... la pointe.

Ces deux épreuves fournissent la démon... la proposition ci-dessus énoncée : *les variat... de l'air dans la cavité buccale* maintenue en ... vité trachéale, *expriment les changements* ... (diminution systolique, augmentation dias... La condition essentielle pour que les i... par l'exploration buccale correspondent au ... volume du cœur, est *l'ouverture permanent...* dant l'arrêt respiratoire.

Voyons maintenant quel est le sens des i... quand la glotte est fermée. Un exemple ... nous permettra d'abréger ce que nous dev...

Fig. 120. — PB, variations de la pression buccale exprimant ... du cœur. — PC, pulsations du cœur. — S, systoles. Pulsation... giennes quand la glotte est fermée, à partir de AA.

Pendant la première partie du doubl... début à la ligne AA), j'ai inscrit à la fo... pulsations du cœur (ligne inférieure) et ... l'air dans la cavité buccale (ligne supér... *ouverte*. A partir du trait vertical A A et j... la glotte a été fermée, ce qui s'opère faci... léger effort ; immédiatement *on voit se m... dications buccales ; ce sont de véritables pu...*

s'inscrivent. Assurons-nous-en à l'aide des repères : nous voyons que les pulsations du cœur correspondent à des variations positives de la pression de l'air dans la bouche, au lieu d'être représentées sur le tracé buccal par des variations négatives. En somme, le double tracé qui s'inscrit à partir du moment où la glotte est fermée rappelle exactement celui qu'on obtiendrait en explorant à la fois les pulsations du cœur et le pouls d'une carotide.

C'est qu'en effet, quand la glotte est fermée, nous inscrivons *le pouls bucco-pharyngé ;* ce sont les *pulsations totalisées* de toutes les artères buccales, pharyngées, nasales, qui produisent des alternatives de compression et de raréfaction de l'air contenu dans la cavité buccale (1). Nous nous retrouvons ici en présence du même phénomène que j'ai longuement décrit dans mon travail de l'année dernière sur les *expansions et resserrements alternatifs des tissus.*

Il est donc établi que les changements de volume du cœur chez l'homme sont susceptibles d'être inscrits par l'exploration buccale, la glotte étant ouverte. Ces indications pourraient-elles nous permettre de répéter sur l'homme une série d'études analogues à celles qui ont été faites sur le chien, soit par l'exploration intra-péricardique, soit par l'exploration trachéale, quand la poitrine est fermée ? Théoriquement, cette étude semble possible ; mais quand on cherche à l'exécuter, on voit surgir des difficultés pratiques telles qu'il ne semble pas qu'on en puisse jamais tirer un profit réel (2).

(1) Cette expérience a été complétée par une contre-épreuve bien simple. J'ai inscrit en ce même temps les pulsations buccales, la glotte étant fermée, et les pulsations de l'artère carotide ; sur le même tracé s'enregistraient également les courbes des battements du cœur. Or, le retard du pouls buccal sur le début de la systole cardiaque était le même que celui du pouls carotidien. Le pouls des artères dans la cavité buccale n'est autre chose, en effet, que le pouls du bouquet artériel carotidien.

(2) Entre autres difficultés, j'en signalerai une qui me paraît capitale. Quand on arrête sa respiration en inspiration, on exécute un acte complexe dont l'un des facteurs est l'abaissement du diaphragme. Ce muscle ne reste point dans l'immobilité parfaite qui serait nécessaire pour qu'on pût ajouter foi aux différentes valeurs des courbes fournies par l'exploration bucco-trachéale. Le moindre mouvement du plan diaphragmatique crée, dans la cavité thoracique, des différences de pression telles, que l'air contenu dans le poumon est soumis à des mouvements complétement indépendants des variations d'origine

§ 3. — CHANGEMENTS DU VOLUME DE CŒUR INDIQU… PAR CERTAINES FORMES DE LA PULSATION CARD… (négative).

L'aspiration produite par la systole ventri…
poumon se fait sentir sur la paroi thoracique e…
les régions voisines de la région précordiale propre…
Tel est le point qui doit maintenant fixer notr…
Quand on prend un petit entonnoir de verre …
dont se servait Buisson, et qu'au lieu de l'appli…
ment sur la pointe du cœur chez l'homme ou ch…
on le place un peu en dehors de cette pointe, on…
tracé renversé, c'est-à-dire que la systole, au lieu…
ser par une ascension, s'accuse par une descente d…
et la diastole par une ligne ascendante ; c'est cette…
pulsation, inverse de la forme normale, qui a été dés…
le nom de pulsation négative (1).

Il était tout indiqué d'utiliser, pour obtenir des…
précédemment une démonstration tout à fait directe, la…
superficielle du cœur chez la malade atteinte d'ec…
cœur qui fait l'objet du mémoire n° XIII.

Dans ce but, j'ai appliqué sur la surface des ven…
l'exploration ordinaire de la pulsation qui m'a fourni l…
des courbes normales du cœur.

Sur une petite surface de la peau qui des cartilages c…
se réfléchit sur la tumeur, j'ai placé un entonnoir de…
ayant 2 centimètres de diamètre et dont la tubulure fut…
en rapport avec un second tambour à levier inscripteur.

cardiaque. On voit la ligne des courbes buccales présenter des ondul…
irrégulières, véritables saccades qui faussent évidemment les résultat…

(1) M. Marey, dans son livre sur la physiologie de la circulation, avait d…
de ce fait la véritable explication, celle que les recherches spéciales exécu…
depuis n'ont fait que confirmer. « Au moment où le cœur diminue de vol…
pendant sa systole, il produit autour de lui une aspiration véritable : to…
les parties qui l'environnent viennent occuper la place que ses parois ab…
donnent. Ainsi le poumon se dilate, le diaphragme s'élève, les espaces int…
costaux s'enfoncent, chacune de ces parties obéit à cette aspiration da…
la limite de l'élasticité qu'elle possède. » (Marey. *Physiol. méd. de la circu…*
p. 123.)

Si les ventricules, au moment de leur systole, exerçaient autour d'eux l'aspiration dont j'ai parlé, l'air contenu dans l'entonnoir devait nécessairement être raréfié : inversement, l'augmentation diastolique du volume du cœur devait comprimer l'air dans l'entonnoir, et la courbe, descendante pendant la systole, devait devenir ascendante pendant la diastole.

C'est ce que l'expérience a montré en effet, et le double tracé suivant, obtenu dans les conditions que je viens d'indiquer, fournit la démonstration rigoureuse de l'interprétation donnée pour la forme négative des pulsations.



Fig. 121. — PP, pulsation cardiaque normale (positive) recueillie par l'exploration de la surface du ventricule droit chez la malade atteinte d'ectopie du cœur. — PN, pulsation cardiaque renversée (négative) obtenue par l'exploration faite dans le voisinage du cœur (zone d'aspiration systolique). Les repères montrent l'opposition des deux ordres de pulsations.

En considérant la ligne inférieure (PP) du double tracé ci-joint, on voit que toutes les pulsations du cœur s'accusent par les courbes connues, ***ascendantes pendant la systole, horizontales ou un peu inclinées pendant la diastole.***

Les courbes de la ligne supérieure (PN) affectent une disposition exactement inverse ; la diastole y est indiquée par une ligne ascendante, la systole par une ligne descendante. Si l'on veut bien se reporter aux détails que j'ai donnés sur l'opposition des courbes des changements de volume et des pulsations du cœur, on verra que les courbes de la figure précédente affectent exactement la même opposition.

Je puis dès lors conclure, après ces renseignements fournis par l'expérience directe 1° que l'exploration des mouvements du cœur pratiquée sur la paroi thoracique, en dehors de la région où bat la pointe, fournit des pulsations qui sont renversées, opposées aux pulsations fournies par la pointe elle-même ; 2° que ces pulsations négatives alternent avec les pulsations positives normales et que cette opposition est due

à ce que les premières correspondent aux changements de volume du cœur, les autres surtout aux changements de forme et de consistance de l'organe dans les différentes phases de sa révolution.

En résumé, c'est la prédominance de l'influence des changements de volume du cœur qui produit la pulsation négative, et, comme je l'ai vu en recueillant des tracés sur moi-même, cette prédominance s'accuse à mesure qu'on soustrait l'explorateur à l'influence des pulsations positives, en l'éloignant progressivement de la région de la pointe, tout en restant dans la zone de l'aspiration produite par les ventricules au moment de leur systole.

Nous pouvons maintenant, à l'aide de ces données que je crois suffisamment établies sur les faits, aborder une question un peu délicate de cardiographie sur l'homme malade et sur les animaux soumis à certaines influences qui modifient la fonction cardiaque.

Il s'agit encore de la forme ***négative*** de la pulsation du cœur, de cette pulsation renversée qu'on obtient, non plus en plaçant l'explorateur ***en dehors de la région de la pointe***, mais en le plaçant ***sur cette pointe elle-même***.

Fig. 122.— Pulsations du cœur (C) et pression carotidienne (PC) chez un lapin dont le cœur a été ralenti par voie réflexe. Les pulsations deviennent graduellement négatives (1, 2, 3.)

Nous avions noté l'année dernière, au cours d'expériences sur les effets cardiaques produits par l'application d'éponges de chloroforme sur les narines des animaux, nous avions, dis-je, observé, avec le professeur Marey, que quand la res-

piration des animaux s'était brusquement arrêtée et le cœur considérablement ralenti sous l'influence de l'excitation nasale, les pulsations du cœur changeaient graduellement de forme, et de *positives* devenaient *négatives*.

Longtemps le fait occupa M. Marey, et ce n'est que plus tard, quand la question des changements de volume du cœur fut remise à l'étude dans le laboratoire, que nous pûmes bien comprendre cette transformation graduelle des pulsations dans l'exploration pratiquée au niveau même du cœur.

Aujourd'hui nos feuilles d'expériences contiennent un nombre considérable d'exemples de ces phénomènes; nous nous proposons de les utiliser complétement plus tard, et je ne veux qu'en rappeler ici un spécimen à l'aide duquel je pourrai poursuivre mon exposé.

Dans le double tracé de la figure 122 qui représente les pulsations du cœur (ligne inférieure) et les variations de la pression artérielle (ligne supérieure), on peut suivre aisément les phénomènes.

La respiration est arrêtée en inspiration; le cœur, fortement ralenti, envoie dans les artères des ondées volumineuses, mais trop espacées pour empêcher la pression de tomber très-bas.

Pendant que durent ces troubles fonctionnels, les ventricules s'engorgent de plus en plus, comme j'ai pu m'en assurer directement et comme on peut le voir sur le tracé des pulsations du cœur, qui deviennent de moins en moins positives. A partir d'un certain degré d'engorgement, chaque systole se fait *en dessous*, pour ainsi dire. La réplétion diastolique est devenue tellement prédominante que les ventricules distendus à l'excès ne peuvent plus accuser leur systole que par une courbe d'évacuation ; c'est ce qu'on peut aisément constater sur la fin du tracé.

Nous voyons donc, en suivant de gauche à droite (1, 2, 3) les courbes des pulsations du cœur, *s'accentuer peu à peu les indications des changements de volume au détriment des indications des changements de consistance*.

Les pulsations, positives au début (1), sont devenues absolument négatives à la fin (3), et l'identité de ces pulsations négatives avec les courbes des changements de volume obtenues chez les animaux par l'exploration directe de la cavité du pé-

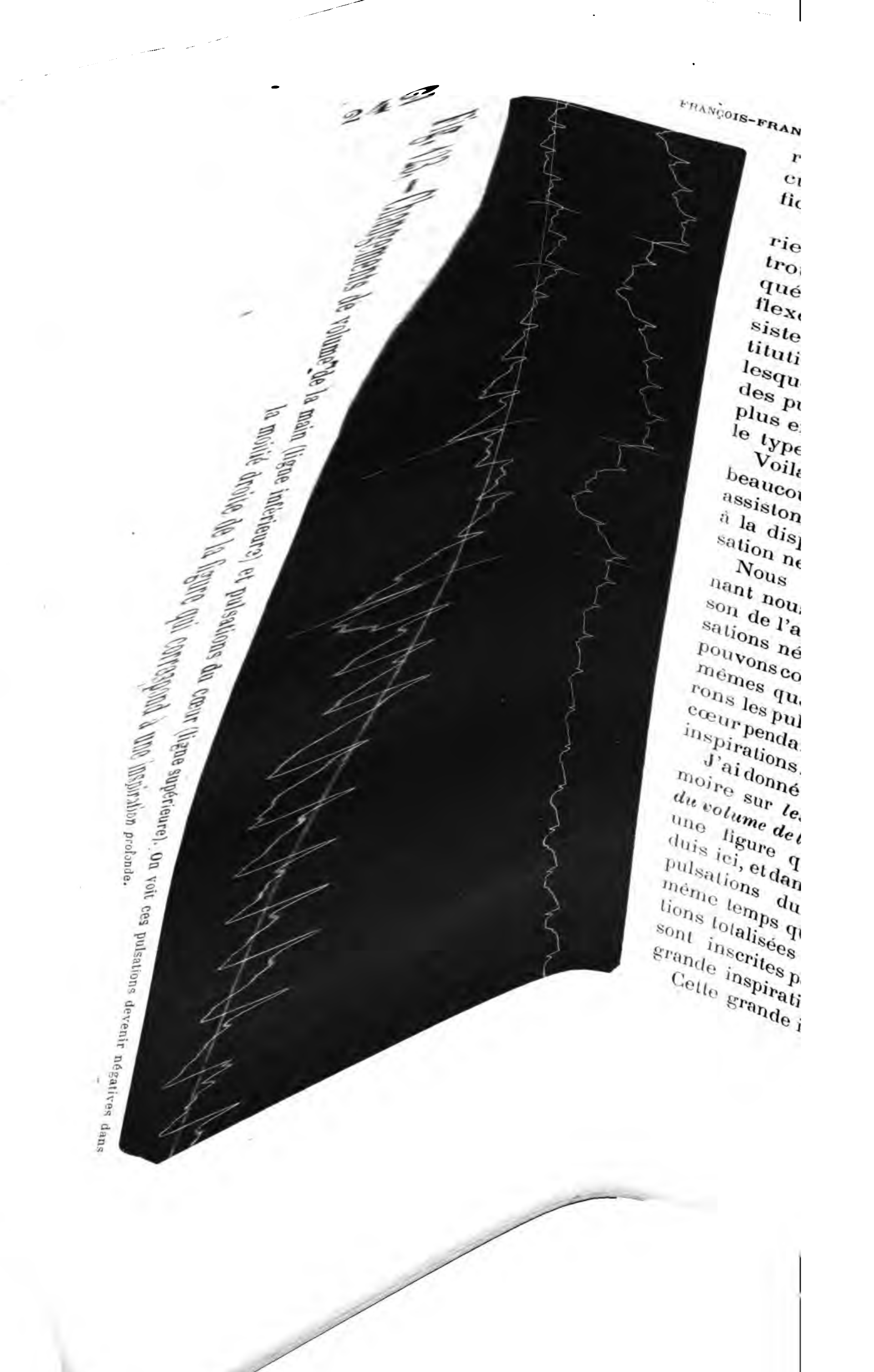


Fig. 42. — Changements de volume de la main (ligne inférieure) et pulsations du cœur (ligne supérieure). On voit ces pulsations devenir négatives dans la moitié droite de la figure qui correspond à une inspiration profonde.

r
cu
fic

rie
tro
qué
flexo
siste
tituti
lesqu
des pu
plus e
le type
Voila
beaucou
assiston
à la disp
sation ne
Nous
nant nou
son de l'a
sations né
pouvons co
mêmes qu
rons les pul
cœur penda
inspirations.
J'ai donné
moire sur *le*
du volume de l
une figure q
duis ici, et dan
pulsations du
même temps q
tions totalisées
sont inscrites p
grande inspirati
Cette grande i

commence au milieu du tracé, et l'on peut voir que les pulsations du cœur (ligne supérieure de la figure) perdent peu à peu leurs caractères normaux : la courbe systolique s'atténue, devient moins ample, et finit par devenir négative quand l'inspiration est à son maximum. Au contraire, la courbe diastolique devient prédominante à tel point que la systole est indiquée à un moment donné par une ligne descendante.

Il est inutile d'insister sur la signification de ces courbes modifiées ; les discussions faites plus haut ont établi que cette transformation de la pulsation était due à la nature même de la modification de la circulation intra-cardiaque, à l'engorgement graduel des ventricules.

Ces phénomènes, à la production desquels nous assistons, et que nous pouvons reproduire à notre gré, en connaissant les conditions, nous les voyons survenir dans certains cas pathologiques dans lesquels la fonction cardiaque est profondément troublée par des lésions valvulaires.



Fig. 124. — Ligne P, pouls radial; ligne C, pulsations du cœur chez une femme atteinte d'insuffisance mitrale. On voit en I une grande intermittence pendant laquelle le cœur se remplit : la systole suivante est négative.

Je citerai tout de suite un exemple de l'application des notions qui précèdent à l'étude du malade.

Il s'agit d'une jeune fille que j'ai examinée l'année dernière à l'hôpital Necker, dans le service du professeur Potain. Elle était atteinte d'insuffisance mitrale, et présentait, entre autres phénomènes intéressants, de grandes intermittences du cœur qui se reproduisaient toutes les huit ou dix pulsations.

La figure 124 fournit le double tracé cardiaque et radial

recueilli sur cette malade avec le po[illegible]
Marey.

En considérant dans cette figure la [illegible]
la radiale (P), on voit en I une intermit[illegible]
respond à une pause diastolique du c[illegible]
pause diastolique s'accuse sur le tracé des [illegible]
par une courbe *ascendante*, surbaissée, i[illegible]
réplétion pendant l'intermittence. Voilà c[illegible]
diaque l'indication d'une augmentation [illegible]
correspondant à un repos diastolique pro[illegible]
La systole qui vient ensuite est négative [illegible]
lieu de s'accuser, comme la plupart de cel[illegible]
sur ce tracé, par une ascension du levier, el[illegible]
une courbe d'évacuation. En raison même de[illegible]
lable des ventricules, la pulsation radiale cor[illegible]
systole négative est très-ample, une ondée sa[illegible]
mineuse que d'ordinaire ayant été lancée dan[illegible]
Dans d'autres cas, la pulsation du cœur [illegible]
complètement négative, mais affecter cependan[illegible]
Une diastole à grande réplétion s'accuse par [illegible]
censi on du tracé, et quand la systole survien[illegible]
voque plus qu'une brève ascension de la courb[illegible]
par le tracé systolique tout seul, on pourrait su[illegible]
systole qui survient après une grande réplétion es[illegible]
gique, moins efficace que la systole survenant ap[illegible]
stole ordinaire. Il n'en est rien. Cette systole peu [illegible]
le tracé des pulsations cardiaques, chasse, en [illegible]
forte ondée dans les artères, comme on peut s'en [illegible]
examinant les tracés du pouls artériel recueillis [illegible]
temps.

On voit, par les exemples que j'ai rappelés entre [illegible]
d'autres, que l'analyse des courbes des pulsations ca[illegible]
permet dans certains cas pathologiques (1) d'acqué[illegible]
portantes notions sur les détails de la fonction car[illegible]
cette analyse, faite au point de vue des changem[illegible]
volume du cœur, nous renseigne en effet sur la [illegible]

(1) V. Marey. Pulsations du cœur dans l'insuffisance aortique. In [illegible]
de l'Anatomie, 1874.

dont le cœur se remplit et se vide, et cela comparativement dans une série de pulsations successives. Mais on comprend que pour tirer de cette étude le plus grand parti possible, il est nécessaire de recueillir, en même temps que les courbes des pulsations du cœur, celles des pulsations artérielles, surtout des pulsations carotidiennes.

Il serait facile d'ajouter aux détails qui précèdent un certain nombre de documents empruntés à la cardiographie sur le cheval. Les lésions des valvules auriculo-ventriculaires et aortiques produites soit sur le cheval (Chauveau et Marey), soit sur le schema (Marey), nous fourniraient encore de précieux matériaux d'études; mais, en outre de ce que ces expériences perdraient à être succinctement résumées ici, l'exposé de leurs résultats ne ferait qu'ajouter des preuves nouvelles à la proposition que je crois avoir suffisamment établie, à savoir que quand un trouble survient dans la fonction cardiaque, l'examen des courbes des pulsations *fait au point de vue du changement de volume du cœur* peut nous fournir les plus utiles renseignements sur la manière dont le cœur se vide à chaque systole et se remplit à chaque diastole.

Je me bornerai à l'étude qui vient d'être faite sur l'examen des changements de volume du cœur chez l'homme sain ou malade, croyant avoir démontré que les résultats des expériences sur les animaux sont susceptibles d'être rigoureusement appliqués à la physiologie normale et pathologique de la fonction cardiaque chez l'homme.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

Ce travail forme la suite des recherches publiées dans le tome II, sur les «*changements de volume des organes périphériques dans leurs rapports avec la circulation.*»

Il y est traité des changements de volume du cœur correspondant aux réplétions diastoliques et aux évacuations systoliques.

La question du *débit du cœur à*
dans ces recherches : le débit ven
directement déterminé sur l'animal
tion du volume du cœur qu'il a été
et la comparaison d'une série de débi
rant entre elles les valeurs d'une série
ques du volume du cœur.

Ces recherches ont été tout d'abord
de la tortue isolé et soumis à une circ
cœur étant suspendu dans un appareil
d'huile, on pouvait établir facilement la p
point de départ aux recherches exécutées
et sur l'homme lui-même : *la diminution*
au moment de la systole permet de détermi
culaire ; l'augmentation diastolique du volum
pond à son degré de réplétion.

En utilisant chez les animaux la cavité du
plétement close de toutes parts comme appare
de volume, nous avons pu étudier avec détail l
apportées à la fonction cardiaque par des influ
agissant sur le cœur par voie directe ou réflex
sur son rhythme sans modifier son travail, po
tion sur la circulation périphérique, et faisan
soit la réplétion, soit le débit du cœur, etc.

Le procédé opératoire consiste à fixer à l'ext
rieure du péricarde un tube de verre qui établit la c
tion entre la cavité péricardique et l'extérieur : tout
toles du cœur s'accompagnant d'une augmentation du
l'organe qui reçoit du sang, produisent l'expulsion d
taine quantité d'air ou le déplacement d'une certaine
de liquide suivant le genre d'expérience; dans l'un e
cas, l'augmentation de volume est traduite par un a
enregistreur qui donne une courbe ascendante direc
proportionnelle aux degrés successifs de la réplétion du
Pendant la diminution de volume qui accompagne la s
ventriculaire, le liquide introduit dans le péricarde subit
aspiration qui se traduit sur les tracés par une courbe des
dante correspondant à l'évacuation dans les artères, c'es
dire au débit du cœur.

C'est à l'aide de cette nouvelle méthode d'étude qu'ont pu être déterminées les modifications de la fonction cardiaque dans une série d'expériences dont nous rappellerons quelques-unes.

L'accélération des battements du cœur produite par la section des pneumogastriques s'accompagne d'une élévation considérable de la pression artérielle ; au contraire, l'accélération provoquée par l'excitation directe des nerfs accélérateurs n'est pas suivie d'une augmentation de pression. L'étude des changements de volume du cœur dans ces deux conditions indique le mécanisme des différences observées : après la section des pneumogastriques, ***chaque systole du cœur conserve son débit initial***, et l'augmentation du nombre des systoles produit, dans le même temps, un débit plus considérable ; au contraire, pendant l'excitation des nerfs accélérateurs, ***chaque systole débite moins qu'avant l'excitation***, et la somme des débits dans le même temps n'étant pas plus grande, la pression artérielle ne varie pas. La même exploration a montré que pendant cette accélération le cœur est toujours ramené, par l'excitation des nerfs du premier ganglion thoracique, à un état de demi-resserrement, et débite moins parce que ses diastoles sont moins complètes : cet état est comparable au tétanos à secousses dissociées d'un muscle ordinaire.

Le débit de chacun des deux cœurs a été modifié par divers procédés : la compression directe des troncs aortique et pulmonaire, le resserrement des vaisseaux périphériques, ont agi sur chaque ventricule de la même façon ; leur débit a été diminué, leur volume général augmenté. Ces conditions se trouvent réalisées par l'influence des excitations vaso-motrices directes ou réfléchies, qui amènent le spasme vasculaire étendu, comme la douleur, le froid, etc. ; on arrive aux mêmes résultats en ralentissant la circulation pulmonaire par l'insufflation trachéale (Gréhant, Héger), par l'injection d'air dans les vaisseaux pulmonaires.

Les changements du volume du cœur ont encore été étudiés par l'exploration des pressions de l'air dans la trachée pendant l'arrêt respiratoire. Le principe est le même que précédemment ; le cœur en se dilatant refoule l'air contenu dans le poumon ; pendant son resserrement systolique, il crée autour

de lui une pression négative qui s'ajou
racique et détermine un rappel d'air ve
explore en même temps les pulsations e
on peut s'assurer de l'opposition des deu
et cardiaque pendant la systole.
Cette exploration trachéale étant faite
le thorax *est ouvert*, les indications corresp
tions de calibre totalisées des vaisseaux pul
ne peut plus agir sur le poumon à la suite
de l'aspiration pleurale.

Chez l'homme, on obtient les indications
de volume du cœur en plaçant dans la bouche
ouverte *pendant un arrêt respiratoire*, le tube
d'un appareil inscripteur à air. On a pensé que
correspondaient aux pulsations du cœur tra
poumon ; il est facile de s'assurer du contraire
sant les deux ordres de courbes, pressions bucco
pulsions extérieures du cœur. Si la glotte est fer
cations buccales correspondent aux pulsations t
artères pharyngiennes, buccales, nasales.

L'étude des débits du cœur chez l'homme ne p
faite avec une précision suffisante à l'aide de la ca
buccale, les changements de volume du cœur ont été
plaçant le bouton de l'explorateur sur la pointe, *dan*
d'aspiration systolique.

Les éléments que l'analyse permet de déterminer
courbes ainsi obtenues correspondent à la réplétion
que et à l'évacuation systolique du cœur, l'appareil
teur n'étant plus influencé par les changements de con
du cœur au moment de la systole. Les pulsations qu'
crit ainsi sont *négatives* par rapport aux pulsations reç
au niveau du cœur lui-même, c'est-à-dire qu'elles on
ces dernières les mêmes rapports que les courbes fournie
l'exploration *directe* des changements de volume du cœur
le péricarde : les tracés sont alternants ; *c'est la prédomina*
de l'influence des changements de volume du cœur qui
duit la pulsation négative, quand on explore les mouveme
du cœur en dehors de la pointe, dans la *zone d'aspirati*
systolique et de propulsion diastolique.

Chez les animaux dont on trouble profondément la circulation intra-cardiaque en ralentissant le cœur et en arrêtant la respiration, de même que chez l'homme en état d'inspiration profonde, l'exploration *directe* de la pulsation cardiaque fournit encore des *tracés négatifs*, c'est-à-dire des courbes *de changements de volume du cœur*, pour la même raison que plus haut; les changements de volume deviennent prédominants, et les changements de consistance n'influencent que très-légèrement l'appareil explorateur.

C'est aux notions qui précèdent que nous devons de pouvoir tirer d'utiles renseignements sur la façon dont s'accomplit la fonction cardiaque chez l'homme atteint de lésions valvulaires.

L'intérêt médical (diagnostique et thérapeutique) des notions ci-dessus développées, semble évident dès l'abord. Mais pour s'en bien rendre compte, il est indispensable d'avoir présentes à l'esprit les conclusions que les expériences sur les changements de volume du cœur isolé, du cœur en place chez l'animal vivant, du cœur atteint d'ectopie chez la malade examinée à Colmar (V. mémoire XIII), ont permis d'admettre dans le cours de ce travail.

IX

DE L'ANÉMIE ET DE LA CONGESTION CÉRÉBRALES PROVOQUÉES MÉCANIQUEMENT CHEZ LES ANIMAUX, PAR L'ATTITUDE VERTICALE OU PAR UN MOUVEMENT GIRATOIRE,

par le Dr A. SALATHÉ.

INTRODUCTION.

L'homme vit alternativement dans les attitudes verticale et horizontale. Ces changements de situation se succèdent d'ordinaire, sans causer de troubles apparents dans l'organisme. Tout au moins, en est-il ainsi dans l'état de santé ; mais nul n'ignore que la maladie, l'affaiblissement, un décubitus prolongé, et mieux encore toutes ces influences réunies, peuvent rendre dangereuses et parfois mortelles les modifications rapides d'attitude.

Chez certains sujets anémiques, le passage de l'attitude horizontale à l'attitude verticale ne demeure jamais inaperçu ; aussi, les voit-on dans un état de demi-malaise, pendant les premières heures qui suivent le lever (1). Viennent-ils à relever

(1) On sait encore que la position horizontale est nécessaire à quelques personnes pour se livrer à un travail intellectuel, et l'on cite des savants qui ne pouvaient travailler autrement que dans cette position.

la tête, après l'avoir maintenue q[illegible] ils sont aussitôt pris de vertiges et [illegible] lances.

Ces accidents que l'on rencontre c[illegible] chez les anémiques, dans la station [illegible] une même cause : l'influence de la pesa[illegible] en effet, une action très-différente sur [illegible] vant la position du corps. Quand le co[illegible] pesanteur agit également sur toutes les p[illegible]

Dans l'attitude verticale qui est la [illegible] l'homme, la pesanteur agit différemment s[illegible] dans les différentes régions du corps. On[illegible] régions sus-cardiaques, la pression du sang[illegible] nuée par la pesanteur, tandis qu'elle est au[illegible] artères infra-cardiaques. En outre, Rameaux[illegible] gnalé la différence que la pesanteur produit [illegible] des vaisseaux capillaires : les capillaires des ré[illegible] dilatent par la grande pression du sang à leur in[illegible] dilatation permet dans ces vaisseaux une circu[illegible] cide. Ainsi, malgré l'obstacle que la pesanteur o[illegible] du sang veineux dans les parties déclives, obstac[illegible] [illegible] abord, semble compenser et neutraliser l'in[illegible] [illegible] ble de la pesanteur sur le cours du sang artériel, [illegible] dérer la déclivité comme ayant un double effet s[illegible] [illegible] : elle fait qu'un organe déclive contient plus de s[illegible] sang y circule plus vite. Le raisonnement inver[illegible] dans les régions supérieures du corps, le sang [illegible] quantité moindre et circule avec plus de lenteu[illegible] influence s'ajoute celle de la contractilité des pe[illegible] qui tempère les effets des forces mécaniques en[illegible] la pression artérielle. Quand la pression, trop[illegible] dilater outre mesure les petits réseaux vascula[illegible] dité des vaisseaux entre en jeu et lutte contr[illegible] dilatation. Quand la pression artérielle faiblit [illegible] les petits vaisseaux se relâchent au-dessous du [illegible] permettent au sang de circuler encore malgr[illegible] de sa force impulsive. Mais cette adaptation d[illegible] des vaisseaux a besoin d'être entretenue par [illegible] la pression du sang. Aussi, après le décubitus p[illegible]

longé, voit-on se produire un double phénomène quand le sujet se lève, l'anémie cérébrale et la congestion des jambes, parce que les vaisseaux désaccoutumés ne réagissent plus contre les effets de la pesanteur (1).

Il faut savoir gré à Piorry d'avoir insisté un des premiers sur l'influence si notable de la pesanteur sur le système circulatoire dans l'organisme en général, et dans l'encéphale en particulier (2). Cet auteur inaugura une réaction heureuse contre les idées de Bichat, pour qui la syncope tenait toujours à la suspension de l'action cardiaque. Piorry, sans contester l'existence de syncopes liées au défaut d'action cardiaque, insista pour établir ce fait que bien souvent la syncope n'est que le résultat de la diminution ou de l'abolition de l'action encéphalique. Il indiqua la position donnée au malade comme le *critérium* du diagnostic de l'apoplexie et de l'anémie cérébrales, dans le cas de perte de connaissance.

Piorry fit, du reste, quelques expériences importantes sur l'influence de la pesanteur sur la circulation chez le chien, expériences que nous ne croyons pas inutile de rappeler ici. Cet auteur commença par ouvrir les jugulaires de l'animal, jusqu'à rendre imperceptibles à la main les battements du cœur, et jusqu'à produire l'arrêt de la respiration avec anéantissement des sensations et des mouvements. « Si, dans cet état de mort apparente, on soulève, dit-il, le train de derrière, en même temps que l'on tient la tête basse, la respiration ne tarde pas à se ranimer, le cœur à se contracter sensiblement, la tête qui était pendante à se relever, les pattes à se soutenir, l'action céphalique à se manifester. » L'auteur donne ensuite la contre-partie de cette expérience, et s'exprime ainsi : « Si, chez l'animal qu'une position déclive de la tête avait fait revivre, toutes les parties du corps sont tenues dans une position opposée pendant quelques minutes (3), tous les accidents reparaissent et la syncope survient. »

(1) Voyez Marey, *Circulation du sang*, Paris, 1863.
(2) Piorry, *Recherches sur l'influence de la pesanteur sur le cours du sang*. (*Arch. génér. de méd.*, 1826, p. 527, t. XII.)
(3) Piorry, *loc. cit.*, p. 533.

Marshall-Hall vint encore confirmer plus tard (1) les i développées par Piorry.

Un grand nombre d'auteurs les suivirent dans cette v et l'on s'accorde aujourd'hui à expliquer par l'anémie cé brale, le mécanisme de la syncope, à la suite du passage l'attitude couchée à l'attitude verticale.

On peut prouver directement qu'une turgescence se prod dans les vaisseaux de l'encéphale sous l'influence de la décliv de la tête ; nous l'avons constaté nous-même dans des exp riences faites sur des enfants nouveau-nés et sur des an maux très-jeunes (2). Si cette position se prolonge quelque temp il en résulte des phénomènes congestifs.

Nous avons essayé de chercher les effets des changemen de la circulation cérébrale sur les mouvements de la respir tion et du cœur (3).

Non-seulement nous avons provoqué chez l'animal des dé rivations sanguines, en faveur ou au détriment de l'encéphale en modifiant son attitude ; mais nous les avons exagérée encore, en ayant recours à la force centrifuge.

Nous allons passer successivement en revue ces deux modes d'expérimentation, étudiant d'abord les effets déterminés par l'attitude, puis ceux qu'a amenés l'influence d'un mouvement giratoire. Les principaux résultats de nos recherches ont déjà été consignés dans une note présentée récemment à l'Académie des sciences (4).

(1) Marshall-Hall, *Exp. researches on the effects of loss of blood*, in *Med. chir. Transactions*, 1832, t. XVII, p. 250.

(2) *Travaux du Laboratoire du professeur Marey*, 1876, Mém. IX.

(3) Nos expériences, à l'inverse de celles de Piorry, ont porté sur des animaux intacts. (Remarquons qu'au point de vue statique, ces animaux organisés pour vivre horizontalement ne se trouvent pas dans les mêmes conditions que l'homme. Celui-ci cependant se rapprochera d'eux dans une certaine mesure, lorsque, à la suite d'un *décubitus* prolongé, il aura perdu *l'habitude* de la station verticale.)

(4) *Comptes rendus Acad.* des sciences, 20 août 1877.

I

INFLUENCE DE L'ATTITUDE VERTICALE SUR LA CIRCULATION ENCÉPHALIQUE.

Dans une thèse remarquable, soutenue par M. A. Regnard, en 1868 (1), nous avions lu le récit que donne l'auteur de deux expériences qu'il fit sur des lapins trépanés, placés successivement dans deux positions opposées, la tête élevée dans un cas, abaissée dans l'autre. Ayant laissé l'animal 5 minutes dans la seconde position, il constata que la sensibilité était demeurée intacte, tandis qu'au bout de 2 minutes elle avait déjà complétement disparu, quand la tête de l'animal était élevée. La respiration était courte et saccadée, l'animal paraissait en syncope. L'auteur ne poursuivit pas cette expérience.

Toutefois, nous avions été étonné des résultats qu'il citait (2), et nous nous étions promis de les vérifier.

Exécutant, l'an passé, nos recherches sur les mouvements du cerveau, dans le laboratoire du professeur Marey, nous en profitâmes pour renouveler l'expérience de A. Regnard sur deux de nos lapins trépanés; mais, au lieu de les laisser 2 minutes en situation verticale, la tête haute, nous les y maintînmes 10 minutes. Cependant, aucun phénomène remarquable ne s'étant manifesté, et les animaux ayant gardé toute leur sensibilité, nous fûmes porté à croire que l'auteur s'était trompé ou qu'une cause d'erreur s'était produite dans son expérience.

Nous abandonnâmes donc cette question, quand quelques semaines après, le hasard se chargea de nous y ramener, dans les conditions suivantes. Nous avions appliqué au crâne

(1) A. Regnard, *Recherches sur la congestion cérébrale*. (Th. de Strasbourg, 1868.)

(2) Chacun sait en effet que l'on porte d'habitude les lapins en les tenant par les oreilles, et cependant on n'avait point, que nous sachions, signalé la mort de ces animaux dans cette situation, dans laquelle ils sont souvent maintenus bien au delà de 2 minutes.

d'un lapin une large couronne de tr
osseuse qui suivit cette opération, no
les oscillations cérébrales, nous plaçâ
verticale de manière que sa tête fût p
du corps. Voulant reprendre l'animal
minutes, nous vîmes qu'il était mort. I
l'hémorrhagie ne nous paraissant suffire
mort, nous pensâmes qu'elle pourrait
mêmes causes qui avaient déterminé des
copales chez le lapin de M. Regnard.

Nous reprîmes donc ces expériences
lapins trépanés. La théorie indique en eff
grité du crâne, l'attitude verticale produit, p
du liquide céphalo-rachidien, une aspiration
de l'encéphale, aspiration qui doit contrebal
taines limites, les effets de la pesanteur.

Si l'on considère la disposition générale de
nio-spinale, on conçoit que dans l'attitude
liquide contenu dans cette cavité tend à to
parties déclives. Pour qu'un pareil déplacemen
il faudrait que le crâne pût s'affaisser et la par
de l'axe rachidien se dilater.

Or, le professeur Richet a démontré que le ca
est dilatable et qu'une certaine quantité de liqu
rachidien peut s'y loger encore lorsqu'il est dé
liquide céphalo-rachidien refoulant le sang des plex
rachidiens dont les parois sont dépressibles. D'aut
cavité crânienne cesse d'être rigide chez les enfants
fontanelles ne sont pas encore fermées et chez les
trépanés. Chez eux, dans l'attitude verticale, on
alors une concavité des fontanelles, ou un enfonceme
dure-mérienne qui indique une diminution de volume des
intra-crâniens : cette diminution n'aurait assurément
produire dans le cas de complète occlusion du crâne (1)

(1) Cette dépression du niveau du cerveau dans la station verticale
observée par M. Marey il y a plusieurs années, sur un malade, du s
de Lorain, qui présentait une cicatrice frontale couvrant une vaste pe
substance osseuse. (Voy. Mém. Brissaud et Franck, même volume, Mouven
du cerveau.)

cette diminution tienne à une moindre turgescence de l'élément vasculaire, cela est certain, mais il n'est pas moins certain aussi que du côté du liquide céphalo-rachidien, un déplacement a dû se produire du crâne vers le rachis ; cela résulte de l'extensibilité de la cavité rachidienne dont nous venons de parler.

Dans le cas d'intégrité du crâne, la tendance à l'écoulement du côté du rachis fût restée à l'état de diminution de pression, de vide virtuel, comme on dit, et n'eût pu se produire qu'à la condition qu'une plus grande quantité de sang eût pénétré dans les vaisseaux encéphaliques.

On doit donc considérer les effets de la pesanteur sur la colonne du liquide céphalo-rachidien comme agissant à la façon d'une branche de siphon qui lutte d'une manière plus ou moins efficace contre les causes d'anémie cérébrale, quelles qu'elles soient : action de la pesanteur sur la circulation artérielle et veineuse du cerveau, contractilité vasculaire, etc.

Enfin, l'attitude verticale, en dilatant les vaisseaux des parties déclives, produit dans ces parties une accumulation du sang qui agit à la façon d'une saignée ou d'une ventouse Junod pour faire baisser la pression du sang dans les régions supérieures.

A) *Attitude verticale, tête élevée.* — Les animaux que nous avons maintenus dans cette situation, étaient fixés de deux façons différentes. Tantôt ils étaient simplement suspendus par les oreilles, tantôt, et le plus souvent, ils étaient attachés à la planche que l'on emploie d'ordinaire dans les expériences, leur tête étant retenue par un mors de Czermack. Quelquefois, une ceinture entourait l'abdomen pour empêcher le relâchement trop considérable de ses parois, sous l'influence du poids des viscères.

Un double explorateur du cœur (1), maintenu autour de la cage thoracique, permettait d'enregistrer, pendant toute la durée des expériences, les tracés cardiaques et respiratoires.

Pendant les premières minutes, on n'aperçoit généralement

(1) Voir pour la description de l'instrument, Marey, *La méthode graphique* in *Travaux du Laboratoire*, 1876, p. 213.

rien de notable; ce n'est guère avant dix à vingt minutes ordinairement, qu'on peut reconnaître sur les tracés graphiques un léger ralentissement du rhythme cardiaque, en même temps qu'une faible diminution de l'énergie respiratoire. Ces symptômes s'aggravent bientôt de plus en plus : la fréquence du cœur et surtout celle de la respiration diminuent progressivement. En même temps, on observe quelques phénomènes extérieurs qui vont en s'accusant graduellement. Ce sont : la pâleur de la conjonctive et de la membrane nyctitante, celle des narines et de la muqueuse buccale. La respiration continue à se ralentir et à diminuer d'amplitude, en même temps que le tracé des pulsations du cœur indique un affaiblissement croissant.

A cette période, la sensibilité de l'animal s'est déjà considérablement émoussée : il ne répond presque plus aux excitations extérieures.

Bientôt survient un phénomène que l'on peut considérer comme un pronostic de mort. Ce sont des convulsions qui agitent le corps de l'animal. A ces phases convulsives succèdent des périodes de repos, pendant lesquelles la respiration et les systoles du cœur continuent à diminuer d'énergie et de fréquence. Quelquefois cependant, les convulsions entraînent une accélération momentanée du rhythme cardiaque; mais cette reprise est de courte durée.

L'animal est alors insensible, ses muscles sont dans le relâchement, il perd ses urines; il ne respire plus à ce moment que 2 à 5 fois par minute (1), enfin sa respiration s'arrête. Les battements du cœur sont devenus de plus en plus rares et souvent intermittents; néanmoins, *le cœur continue à se contracter, alors que la respiration est déjà arrêtée*, et le tracé graphique reproduit pendant deux minutes ou même davantage, après l'arrêt respiratoire, les systoles cardiaques, très-espacées, il est vrai. La figure suivante fournit un bon type de la décroissance graduelle des mouvements cardiaques et respiratoires.

La ligne la plus inférieure (ligne 1), correspond à la dixième

(1) Ces dernières respirations sont d'ordinaire purement diaphragmatiques, et les côtes demeurent immobiles.

minute de l'expérience. A cet instant, la respiration est encore rapide et énergique ; elle dissimule en grande partie, par suite de son ampleur même, le tracé des battements du cœur qui se marquent cependant d'une manière très-nette à la fin de chaque expiration. (La partie ascendante de chacune des grandes ondulations respiratoires, correspond à l'inspiration de l'animal, la partie descendante à la phase d'expiration.)

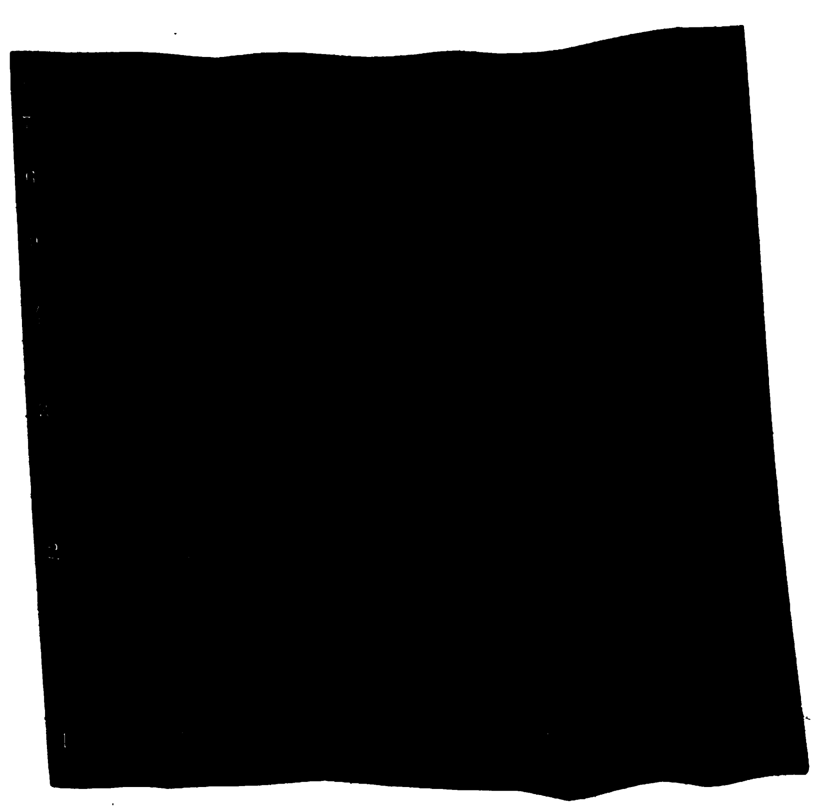


Fig. 125. — Courbes des mouvements respiratoires et des battements du cœur recueillis au moyen du double explorateur du cœur sur un lapin placé en attitude verticale, la tête élevée. Tracés recueillis de cinq en cinq minutes.

Les lignes suivantes (2, 3, 4, 5) représentent les modifications du rhythme cardiaque et respiratoire, recueillies de 5 en 5 minutes. La deuxième ligne indique déjà une diminution notable de l'énergie respiratoire.

La diminution d'amplitude et de fréquence des mouvements

respiratoires va croissant; les battements du c
tissent et deviennent onduleux (ligne 6).

Cet affaiblissement est bien plus accusé dans le
supérieures. L'avant-dernière (ligne 7) corresp
riode convulsive, et l'on voit les premières pul
elle offre le tracé, présenter, à la suite des con
viennent de se produire, une accélération momen
irrégularités auxquelles fait suite un ralentissemen
qué. La respiration est à peine indiquée.

Enfin, dans la dernière ligne, elle s'est arrêtée ;
du cœur, bien que très-rares, se traduisent encore p
faibles ondulations.

Ces tracés furent obtenus sur un animal qui mit 4
à succomber.

D'une manière générale, la mort survint en mo
bout d'une demi-heure à trois quarts d'heure. Trois
eut lieu en moins d'un quart d'heure ; dans d'autres
contre, elle ne se produisit qu'au bout d'une heure
et même de deux heures et quart d'expérience. Le poi
tiel c'est que dans tous les cas, sans exception, l'iss
fatale pour l'animal.

En explorant la pression artérielle de quelques-uns de
de nos expériences, nous avons constaté l'abaissemen
pression carotidienne et l'élévation de la pression fémor
moment où l'animal était placé la tête en haut. Au bou
temps variable la pression s'abaissait dans toutes les ar
Pendant la phase convulsive se produisaient des éléva
très-considérables de pression, puis survenait une périod
calme à la fin de laquelle la pression tombait graduellem
zéro, le cœur continuant encore à produire, pendant quel
instants, de petites oscillations.

A quel mécanisme faut-il rattacher la mort survenant in
riablement chez le lapin dont la tête est élevée au-dessus
reste du corps ? Les considérations dans lesquelles nous so
mes entré au début de ce travail nous dispensent de reve
sur le rôle de la pesanteur dans la production de ces ac
dents. Nous ne pouvons cependant nous empêcher d'insist

sur la réalité de l'anémie cérébrale comme cause de la syncope et de la mort dans le cas qui nous occupe. Nous n'invoquerons même pas la pâleur des muqueuses buccale et nasale et des conjonctives, attendu qu'on pourrait nous objecter que l'anémie faciale n'implique pas forcément celle de l'encéphale. Nous préférons nous en rapporter à l'état de cet organe lui-même dont la pâleur et l'effacement du calibre vasculaire sont des plus nets, à la suite du passage à la station debout; on peut s'en assurer sur les animaux trépanés, quand on rend au crâne sa rigidité normale par la clôture de la boîte crânienne, au moyen d'une fenêtre appliquée suivant la méthode de Donders.

Le raisonnement et les faits concourent à nous faire considérer l'anémie de l'encéphale comme amenant non-seulement l'abolition du sentiment et de la motilité, mais comme étant encore, dans ce cas, le point de départ du ralentissement et plus tard de l'arrêt de la respiration et du cœur, l'anémie bulbaire suffisant à expliquer l'un et l'autre (1).

Les convulsions que Kussmaul et Tenner ont déjà signalées comme phénomène ultime dans leurs expériences sur les effets de l'hémorrhagie et des ligatures des artères encéphaliques, viennent encore plaider en faveur de l'anémie bulbaire.

Avant l'apparition de la période convulsive, alors que la respiration et le cœur se sont déjà notablement ralentis, il suffit de ramener l'animal à l'horizontale, pour voir aussitôt les systoles cardiaques augmenter de fréquence et d'énergie et les actes respiratoires reprendre leur rhythme normal. C'est ce que montre avec évidence la figure suivante dont la première ligne correspond à l'attitude verticale. On y distingue encore, quoique assez difficilement, le tracé des battements du cœur mêlés aux courbes respiratoires.

A peine l'animal est-il replacé en horizontale, que l'on voit immédiatement sa respiration augmenter singulièrement de fréquence, et les systoles cardiaques qui ont repris leur éner-

(1) Il ne faut d'ailleurs point perdre de vue que si l'anémie encéphalique agit comme cause primitive en diminuant l'énergie et le nombre des systoles, cet affaiblissement du cœur dont les battements sont plus rares, entraîne à son tour la propulsion d'une moindre quantité du sang vers l'encéphale : ces phénomènes s'enchaînent et se commandent mutuellement.

gie, se marquer un peu plus nettement sur le tracé de l[a] ligne inférieure.

Fig. 126. — Influence du retour à l'horizontale (ligne H) sur le rythme cardiaque et resp[iratoire] d'un lapin placé en attitude verticale (ligne V). — Mouvement du cylindre en[registreur] considérablement ralenti.

Quand l'animal a déjà traversé la phase des convulsions e[t] que sa respiration n'est plus qu'insignifiante, on peut encor[e] le ranimer, en le ramenant à l'attitude horizontale. Chose curieuse, la fréquence de la respiration se rétablit aussitôt traduisant d'une manière bien saisissante le retour soudai[n] de l'ondée artérielle avec sa force d'impulsion primitive dans les vaisseaux encéphaliques.

On voit, dans la figure 127, qui donne le tracé respiratoir[e] d'un lapin sur le point de succomber dans la situation verti-cale, l'influence favorable et soudaine qu'exerce l'attitude horizontale à laquelle on le ramène en H.

Fig. 127. — Respiration d'un lapin sur le point de succomber dans la position verticale (V); le retour à l'horizontale (H) rend aussitôt sa respiration plus fréquente et plus ample.

Dès qu'il se trouve dans cette nouvelle position, sa respi-ration redevient à la fois plus fréquente et plus profonde. Cette reprise n'est toutefois que bien peu stable, car il suffit de ramener l'animal en attitude verticale, pour voir immédiatement se dissiper les bons effets de l'attitude hori-

zontale, avec la même promptitude qu'ils avaient mise à paraître. Cette nouvelle expérience est la contre-partie fidèle de la précédente, ainsi qu'en témoigne le tracé suivant.



Fig. 128. — Respiration d'un lapin dont l'attitude horizontale avait rétabli la régularité respiratoire (H). Le retour à la verticale (V) abolit presque complètement la respiration.

A peine la tête de l'animal est-elle relevée que l'on voit diminuer sur-le-champ la respiration qui devient tout à la fois lente et très-faible.

Dans les cas où la respiration était complétement arrêtée et où les battements du cœur n'étaient plus perceptibles à la main, nous avons pu souvent ramener l'animal à la vie, en comprimant d'une façon rhythmée sa cage thoracique, de manière à imiter le jeu de la respiration, en replaçant en même temps l'animal en position horizontale ou mieux encore en baissant sa tête vers le sol, pour élever l'arrière-train.

Au bout de quelques instants la respiration redevenait spontanée et les systoles du cœur reprenaient leur énergie. Cependant l'animal restait encore pendant assez longtemps comme inerte ; bien que délié, il gardait l'attitude qu'on lui donnait et réagissait à peine aux excitations. Ces symptômes disparaissaient peu à peu, plus ou moins vite suivant les sujets. Ordinairement, en moins d'une heure, l'animal était absolument remis.

Ce singulier état que présentent les animaux après une attitude verticale trop prolongée peut tenir à deux causes qu'il sera intéressant de déterminer expérimentalement. Le cerveau peut se congestionner comme il arrive à tout organe qui a été anémié pendant longtemps soit par attitude élevée, soit par compression, soit par oblitération passagère de ses artères.

D'autre part ces troubles peuve[nt]
du cerveau par hypersécrétion du
On sait par les expériences de Do
sorbe et se sécrète avec une grand
pression intra-crânienne s'abaisse ou
Le liquide céphalo-rachidien s'ada
volume du cerveau de manière à occ
moyenne l'espace que la masse nerve
libre dans la cavité cérébro-spinale.

Nous avons essayé sur le chien l'
verticale la tête en haut ; nous nous
animal beaucoup moins sensible que le
déclivité, car nous avions déjà constaté
à la ligature des deux carotides et des v
En effet, il nous arriva plusieurs foi
chiens dans l'attitude verticale la tête élevé
sans constater aucun trouble, si ce n'est l
à un animal gêné dans ses liens. Deux fo
avons observé des vomissements qu'on p
rattacher à l'anémie cérébrale. Il sera inté
les effets des attitudes sur différentes espèce

B) *Attitude verticale, tête basse.* — L'attitud
sée à la précédente, dans laquelle on élève l
l'animal, entraîne en vertu de l'action de la p
mentation de l'afflux du sang artériel vers l'enc
périences sur les animaux trépanés montrent
de cet organe, que l'animal ait d'ailleurs le c
nu ou recouvert par une fenêtre transparente f
vité crânienne.

En soumettant des lapins à cette attitude, no
les y maintenir pendant plusieurs heures, sans
mort. Ils s'agitaient bien de temps en temps ; mais
tion et la respiration ne se montraient pas troublé
plus cette dernière était-elle parfois un peu plus ra
sensibilité demeurait intacte.

Du côté de la face, on remarquait constamment

(1) Voir notre mémoire sur les mouvements du cerveau. *Travaux*
ratoire, 1876, p. 368.

les plus caractérisés de la congestion. La conjonctive palpébrale et la membrane nyctitante (1) étaient très-rouges et injectées; les muqueuses buccale et nasale également présentaient une coloration rouge foncé très-manifeste. Mais à part ces phénomènes extérieurs, l'animal ne présentait pas de symptômes importants.

Sur un lapin, nous avons prolongé l'expérience au delà de 6 heures. A peine l'animal était-il détaché qu'il se mit aussitôt à marcher puis à courir et à prendre la nourriture qu'on lui offrait.

La différence si frappante des résultats présentés dans nos expériences par des animaux dont l'encéphale est anémié dans un cas, congestionné dans l'autre, sous l'influence de la même cause, la pesanteur, plaide en faveur de l'opinion soutenue aujourd'hui par beaucoup d'auteurs, qui nient la congestion cérébrale, non point en tant que symptôme, bien entendu, mais en tant qu'entité morbide (2).

II

GIRATION.

Dans les expériences dont nous allons nous occuper maintenant, nous avons produit une dérivation sanguine au détri-

(1) Pas plus dans ces expériences que dans les précédentes, nous n'avons cru devoir relater l'état de la pupille, dont les variations ont été des plus contradictoires, et souvent absolument opposées à celles qu'indiquait la théorie. Nous nous proposons de reprendre cette étude, en nous servant du pupillomètre du Dr Dandolt, afin d'être sûr de la précision de nos mesures.

(2) La vie de l'homme est conciliable avec l'attitude verticale, la tête basse, ainsi que le prouvent suffisamment les nombreux exemples que l'on voit quotidiennement dans les cirques et sur les places publiques. Et cependant, ainsi que le fait observer A. Regnard (*loc. cit.*), il est difficile d'imaginer une cause plus puissante de congestion encéphalique chez l'homme. Cette position peut même se prolonger quelques heures sans que l'issue en devienne fatale, comme l'a prouvé un récent exemple qui s'est passé dans un village de Bretagne. Un individu avait été chargé de réparer la croix de l'église. L'une de ses jambières se rompit, il perdit l'équilibre, et demeura suspendu dans l'espace par l'un de ses pieds pendant plus de 3 heures, avant qu'on ne parvînt à le délivrer. On pourrait citer, il est vrai, par opposition, le cas d'un gymnaste qui, s'étant suspendu par les jambes au trapèze d'un cirque de Flo-

…ment ou en faveur de l'encéphale en substituan[t] la pesanteur, celle d'une force que nous pouvions plus énergique, tout en la modérant à notre gré : … rifuge (1).

Pour la développer, nous nous sommes servi d… que le professeur Marey avait employé autrefois … cherches sur le vol de l'oiseau. Cet appareil est esse… constitué par un axe central métallique maintenu solides montants de bois. Près de l'extrémité de cet axe fixe se trouve une poulie qui se m… de lui, et est mise en mouvement au moyen d'une … abrités aboutissant au volant d'un moteur à gaz Bischop… Sur cette poulie, qui tourne autour de l'axe vertic… pareil, nous avons fixé une planche d'un mètre et longueur que l'axe traversait en son milieu. C'est des moitiés de cette planche que nous fixions l'anim…

Afin d'enregistrer la respiration, nous avons eu r… un procédé dont M. Marey s'était déjà servi pour ins… mouvement malgré la marche de l'appareil : l'axe e… et s'ouvre inférieurement de façon à pouvoir comm… avec un tambour à levier au moyen d'un tube de caou… C'est par un tube latéral communiquant avec la ca… l'axe que nous avons pu transmettre à l'extérieur les m… ments respiratoires et les battements du cœur de l'ani…

Nous avons réglé la vitesse du moteur, de telle sor… l'appareil qui tournait toujours de gauche à droite eût t… une vitesse uniforme de 75 tours par minute, soit un quart par seconde, afin que les conditions des diverses riences fussent bien assimilables.

rence, garda si longtemps cette attitude qu'on finit par comprendre qu'el… vait rien de voulu. Quand on le détacha, il avait cessé de vivre. La mor… fort bien s'expliquer dans ce cas par une hémorrhagie cérébrale, favoris… la congestion même du cerveau.

(1) Rappelons que dans sa *Zoonomie* (Trad. de Kluyskens, 1803, t… p. 507), Darwin avait émis l'idée d'une sorte d'appareil giratoire, le lit … toire, dont il donnait le dessin et qu'il proposa d'appliquer à l'homme en p… la tête du patient à la périphérie pour lui procurer le sommeil d'après les i… de l'époque ; en la plaçant au contraire dans le voisinage du centre, pour d… nuer l'action du cœur, pour combattre les fièvres. Nous ne croyons pas qu… tel appareil ait été jamais essayé chez l'homme dans un but thérapeutiqu…

(2) Pour la description de ce moteur, voir *La Nature*, 16 juin 1877, p. 41…

Tantôt la tête de l'animal était placée près du centre de mouvement, tantôt elle était dirigée vers la périphérie. Dans les deux cas, en ne faisant tourner l'animal que quelques instants, on déterminait des phénomènes de vertige qui ont été analysés par Purkinjé, de Græfe, Czermack, Breuer, tous travaux dont on trouve l'indication dans l'ouvrage du professeur Mach, de Prague (1), lequel s'est aussi occupé de l'étude de ces phénomènes sur les animaux, et surtout sur lui-même.

Quand on a fait tourner quelques instants un lapin, et qu'on le replace sur le sol, on le voit décrire, ainsi que nous l'avons souvent vérifié nous-même, un ou plusieurs mouvements de manége, dans le même sens que l'appareil de rotation sur lequel il se trouvait auparavant. Mach attribua ces phénomènes, ainsi que les mouvements convulsifs de la tête et des yeux, aux déplacements de l'endolymphe dans les canaux demi-circulaires du labyrinthe, assimilant les accidents qu'il observait à ceux qu'avait signalés Flourens dans ses expériences, sur la section des canaux demi-circulaires. Cette théorie ne serait pas justifiée, d'après Cyon (2), qui a constaté que ces phénomènes déterminés par un mouvement giratoire, persistent malgré la section des deux nerfs acoustiques.

Sans nous arrêter à ces manifestations du début des mouvements de giration, nous allons envisager les phénomènes que nous pourrons suivre jusqu'à la mort de l'animal, laquelle s'est toujours produite, soit que sa tête fût voisine du centre, soit qu'elle occupât la région opposée, à la condition qu'on prolongeât suffisamment la rotation. Seulement, tandis que chez le lapin la mort arrivait en moyenne après 6 ou 15 minutes dans la première position, elle ne survenait qu'après un temps bien plus considérable, et, en général, au moins double, quand l'animal avait la tête dirigée vers la circonférence.

De même la mort qui survint, la tête étant au centre, au bout de 10 minutes chez un chien, au bout de 25, chez un

(1) Mach, *Grundlinien der Lehre von den Bewegungsempfindungen*. Leipzig 1875.

(2) E. Cyon, *Comptes rendus*, Ac. sciences, 1876, t. LXXXII, p. 858.

autre, n'eut lieu qu'au bout de 45 à 55 minutes, chez deu
chiens qui avaient été placés dans la situation opposée.
Ici, les phénomènes sont plus difficiles à suivre que dai
nos expériences sur l'attitude, le mouvement de rotation er
pêchant d'observer exactement l'animal, dont on ne pourra
même connaître le moment de la mort, si l'on n'avait pour
guider, l'inscription graphique de la respiration. Cette der
nière, dans le cas où la tête est voisine de l'axe de l'apparei
présente une série de modifications analogues à celles qu
nous avons observées chez les animaux placés dans la sta
tion debout.

La respiration se ralentit graduellement en perdant de so
énergie. Puis surviennent les convulsions, suivies d'un ralen
tissement plus accentué encore des actes respiratoires qu
s'arrêtent bientôt après.

3

2

1

Fig. 129. — Tracé des modifications de la respiration allant en s'éteignant à la suite d'un mouvement de rotation imprimé à l'animal.

La figure 129 montre la respiration au début de l'expérience (ligne inférieure), dans la phase convulsive (ligne moyenne), enfin, quelques moments avant la mort (ligne supérieure).

Nous désirions inscrire également le tracé des systoles du cœur, mais de petites oscillations inhérentes à la marche de

l'appareil ne nous ont pas permis d'en obtenir la reproduction fidèle.

Chez les animaux dont l'arrière-train est dirigé du côté de la périphérie, la mort liée à l'anémie cérébrale se produit par suite de la dérivation qui tend à propulser le sang dans les extrémités postérieures aux dépens de l'encéphale et des organes thoraciques.

Elle se produit dans ce cas au même titre que dans une autre expérience que nous avons répétée sur le lapin ou le chien dont nous enfermions les extrémités inférieures et la région abdominale dans un vase fermé au niveau de cette région par un manchon de caoutchouc. Lorsqu'on raréfiait l'air dans cet appareil, au moyen d'une trompe, l'animal succombait bientôt par suite de l'appel exagéré du sang dans les parties enfermées dans le vase, comme dans une ventouse de Junod.

Dans le cas où la tête occupait la périphérie de l'appareil giratoire (1), la mort, en général plus tardive que dans le cas opposé, s'explique en partie par la stase du sang dans l'encéphale ; il ne faut pas oublier en effet que si dans cette position l'afflux du sang artériel vers le cerveau est notablement facilité, le reflux du sang veineux vers le cœur est par contre singulièrement entravé. Le cerveau est congestionné à la dernière limite, et, en outre, le sang ne peut pour ainsi dire se renouveler dans cet organe. Les poumons placés près de la périphérie, quoique plus rapprochés du centre, sont aussi notablement engorgés ; enfin, le cœur a peine à vaincre la pression aortique, et ne peut vider son contenu dans les vaisseaux des régions abdominales et dans les extrémités postérieures.

L'autopsie pratiquée aussitôt après les expériences, confirme pleinement cette opinion. Dans le dernier cas, en effet, le cerveau et les méninges sont le siége d'une congestion des plus intenses ; la section des os du crâne suffit à donner lieu à l'écoulement d'un sang abondant ; les poumons également offrent une congestion des plus manifestes.

(1) Nous avons à peine besoin de dire que dans ce cas aussi les muqueuses des ouvertures faciales étaient le siége d'une congestion des plus accusées ; les yeux sortaient littéralement de l'orbite.

Quand la mort avait eu lieu par dérivatio
térieur, on trouvait, au contraire, l'encéph
très-anémiées. Les muscles de l'extrémit
vers la circonférence étaient rouges et saig
taient avec la pâleur des muscles des rég
tronc. Ces résultats n'étaient obtenus avec u
qu'à la condition de placer aussitôt après
l'avait fait Burrows, un lien serré autour du
pour empêcher les déplacements du sang.

CONCLUSIONS.

I

L'attitude verticale combinée avec l'élévation de
termine au bout de quelque temps chez le lapin e
chez d'autres animaux, un ralentissement et un a
ment progressif de la respiration et du rhythme c
comme le prouve l'inscription graphique. En même t
observe quelques phénomènes accessoires, tels que
de la muqueuse buccale, des narines, de la conjonct

II

La syncope est bientôt constituée, l'animal devenant
sible, et des convulsions répétées viennent encore témo
en faveur de l'anémie bulbaire.

III

Ces convulsions sont rapidement suivies de l'arrêt de
respiration; cet arrêt précède celui du cœur qui ne tarde p
se produire.

IV

La mort met en moyenne, dans ces conditions, de une demi-heure à trois quarts d'heure à se produire. Elle peut survenir en moins d'un quart d'heure, et peut, d'autre part, tarder plus de deux heures.

V

Alors que la respiration est déjà arrêtée, l'animal peut être rappelé à la vie, quand on le replace en situation horizontale ou, mieux encore, la tête en bas.

VI

La position verticale opposée, dans laquelle la tête de l'animal est dirigée vers le sol, n'est pas incompatible avec l'existence, et peut être prolongée très-longtemps sans que l'animal, dont la sensibilité et la motilité sont conservées, présente d'autres symptômes que l'exophthalmie, la rougeur prononcée de la conjonctive et de la membrane nyctitante, etc.

VII

En substituant l'action de la *force centrifuge* à celle de la pesanteur, on peut produire des dérivations sanguines bien plus rapides, déterminant l'anémie ou la congestion de l'encéphale, suivant la position de l'animal. Un appareil ayant un mouvement de rotation uniforme autour d'un axe vertical a servi dans ce but, ce mouvement ayant pu, du reste, se concilier avec l'inscription des courbes respiratoires.

VIII

La mort s'est produite en peu de minutes, chez des animaux tels que le chien, le lapin, le cobaye, dont la tête était dirigée vers le centre de l'appareil.

IX

Les animaux ont encore succombé, mais au bout d' bien plus considérable et, en général, au moins doubl leur tête était tournée du côté de la périphérie.

X

Une *même force* appliquée tour à tour dans deux di opposées, *amenant une **dérivation sanguine** au détrim* l'encéphale *dans un cas, **en sa faveur** dans un autre,* — donc — toutes choses égales d'ailleurs, — *une anémi* brale *bientôt funeste **dans le premier cas**,* ainsi que l'ont r les expériences d'attitude et de giration ; *une **congestion*** brale *qui ne devient **mortelle**, dans le **second cas**, qu'aprè* été poussée *bien plus **loin***, ainsi que l'ont prouvé l'innocui expériences d'attitude dans ces conditions et la durée prol qu'on a dû donner au mouvement rotatoire pour qu'il e nât la mort de l'animal.

X

RECHERCHES SUR L'INFLUENCE QUE LES VARIATIONS DE LA PRESSION INTRA-CRANIENNE ET INTRA-CARDIAQUE EXERCENT SUR LE RHYTHME DES BATTEMENTS DU CŒUR,

par le Dr FRANÇOIS-FRANCK (1).

I

Dans un précédent travail (mémoire n° VIII. — Sur les changements de volume du cœur), j'ai indiqué très-succinctement les effets produits sur la fonction cardiaque par une augmentation notable de la pression artérielle. L'étude des changements de volume du cœur chez le chien a montré que la compression de l'aorte au-dessous du diaphragme produit l'engorgement des cavités gauches, puis, de proche en proche, la distension des cavités droites. Ces mêmes phénomènes se sont montrés quand l'obstacle au débit du ventricule gauche, au lieu de siéger sur le trajet même du tronc aortique, a été déterminé à la périphérie de l'arbre artériel, soit par le resserrement direct des petits vaisseaux, soit à la suite de leur excitation réflexe. Mais j'ai dû me borner, pour ne pas sortir du cadre de mon sujet, à étudier l'influence sur le débit ventriculaire de ces obstacles à l'écoulement du sang artériel; je n'ai fait que mentionner leur action sur le rhythme des battements du cœur.

C'est sur ce dernier point que j'insisterai dans ce mémoire.

Dans toutes les expériences où l'augmentation de la pression artérielle a été déterminée par l'intervention d'une

(1) Les résultats de ces recherches ont été communiqués à la Société de biologie dans la séance du 24 novembre 1877.

cause *agissant à la périphérie* du système aortique, sar[...] voir influencer *directement* l'innervation cardiaque, j'[...] un ralentissement plus ou moins considérable des batt[...] du cœur.

En d'autres termes, la subordination de la fréquen[...] battements du cœur au degré d'élévation préalable [...] pression artérielle, s'est montrée dans mes expérience[...] qu'elle avait été constatée par M. Marey dans des r[...] ches déjà anciennes.

M. Marey avait cru pouvoir formuler, comme rés[...] des faits qu'il avait observés, cette loi bien connue qu[...] fréquence des battements du cœur est, toutes choses é[...] d'ailleurs, en raison inverse de la pression artérielle [...] sait quelles discussions a soulevées cette proposition [...] énoncée, et à quel degré de confusion nous sommes au[...] d'hui arrivés sur ce point. On a pris en masse tous les [...] qui n'étaient point d'accord avec la loi énoncée par M. Ma[...] sans tenir compte de ce point essentiel, que la formule p[...] dente s'applique seulement aux cas où le cœur n'est point [...] mitivement en cause, et dans lesquels le phénomène *initial* [...] siste dans l'élévation de la pression artérielle. On a dit, ce[...] personne ne songe à contester, que bien souvent le c[...] s'accélère quand la pression artérielle s'élève, que, souv[...] aussi, il se ralentit quand la pression artérielle s'abais[...]

Mais ce qu'on n'a point indiqué, et ce qui était capital d[...] le débat, c'est le point de départ de la modification observ[...] M. Marey n'avait en vue que le cas bien déterminé d'élévat[...] *préalable* de la pression artérielle, et on lui a opposé [...] expériences dans lesquelles le cœur était primitivement [...] cause, par exemple la double section des pneumogastriques [...] ou bien des expériences dans lesquelles le cœur et les va[...] seaux étaient soumis simultanément à une influence pertu[...] batrice : tel est le cas de l'excitation des nerfs sensibles q[...] produisent un réflexe cardiaque et un réflexe vasculaire simu[...] tanés. Évidemment ce n'est plus le rapport simple que visa[...] la loi que je viens de rappeler. Sans insister davantage su[...] les détails de la discussion que j'aborderai dans un autre tra[...] vail actuellement en voie de préparation, je présenterai ic[...] quelques résultats d'expériences sur le mécanisme du ralentis[...]

sement du cœur qui s'observe, comme l'a indiqué Marey, quand on produit une élévation notable de la pression artérielle. Je dirai tout d'abord que les conditions de ce ralentissement des battements du cœur sont en réalité plus complexes que ne le comporterait une théorie purement mécanique : la fréquence du moteur cardiaque n'est point seulement subordonnée à la résistance représentée par la charge sanguine qui pèse sur les valvules sigmoïdes de l'aorte. L'appareil nerveux intra-cardiaque et extra-cardiaque semble jouer le rôle principal dans les variations de rhythme que présente le cœur quand la pression artérielle vient à subir d'importantes modifications. C'est surtout à l'étude de l'influence qu'exercent les modifications importantes de la pression artérielle sur le fonctionnement de ces appareils nerveux que nous devons nous attacher.

Tel a été le but des recherches dont je présenterai ici le résumé (1). Ces recherches n'ont encore porté que sur un côté de la question, sur le mécanisme du ralentissement du cœur quand on produit l'augmentation de la pression artérielle. J'espère pouvoir les compléter en étudiant l'influence souvent inverse des diminutions de la pression artérielle.

Les deux propositions suivantes seront successivement examinées :

1° *L'augmentation de la pression intra-crânienne produit le ralentissement des battements du cœur.*

2° *L'augmentation de la pression intra-cardiaque détermine le même résultat.*

Ces deux conditions réunies paraissent concourir à produire la diminution du nombre des battements du cœur quand la pression artérielle s'élève.

(1) Les conditions des expériences dont il est question sont tout à fait différentes de celles des recherches faites sur le même sujet par divers auteurs, notamment par M. Navalichin (de Kazan) et M. Tschiriew (de Saint-Pétersbourg).

II.

Circulation artificielle; augmentation de la pression d[...] vaisseaux de la tête; effets produits sur le cœur.

Si l'on isole entièrement l'encéphale de la circulation[...] rale en soumettant cet organe à une circulation artifici[...] sang défibriné (1), on constate que les variations ess[...] lement locales qui se produisent alors dans le cours du[...] à l'intérieur du cerveau agissent sur les mouvemen[...] cœur, pourvu que les troncs vago-sympathiques intacts[...] tiennent la communication entre l'encéphale et le cœur.

Dans ces conditions, les battements du cœur prenne[...] bout d'un certain temps, un rhythme régulier; les inte[...] tences normales du chien disparaissent : le nombre des[...] sations primitivement à 88 se maintient à 58; la pre[...] carotidienne oscille autre 13 1/2 et 14 1/2 c. Hg.

(1) Les deux artères vertébrales d'un chien sont liées à l'entrée du[...] osseux à leur point de réflexion en arrière de l'atlas, de manière à[...] primer toute circulation collatérale. On place dans les bouts périphér[...] des carotides les extrémités d'une canule bifurquée qui est en rapport[...] un réservoir de sang défibriné, sous pression constante de 14c.Hg. (c[...] de la pression fémorale). La température du sang défibriné est main[...] entre 26 et 27° C. Les deux veines vertébrales sont liées, et l'écoule[...] du sang en circulation dans les vaisseaux de la tête s'opère par les j[...] laires munies de canules de petit calibre.

La circulation de l'encéphale et de la partie supérieure de la moelle[...] donc déjà rendue aussi indépendante que possible de la circulation g[...] rale. Pour assurer cette indépendance, on sectionne la moelle au-dessous[...] bulbe, et on serre fortement autour du cou une chaîne d'écraseur qui ne la[...] libres que les vaisseaux afférents (carotides), efférents (jugulaires) et les d[...] cordons vago-sympathiques du chien.

Sur le trajet du tube qui conduit le sang défibriné du réservoir aux ca[...] tides, est placée une ampoule élastique munie de soupapes s'ouvrant dans[...] sens du courant. Cette ampoule est destinée à être comprimée à un mom[...] donné pour produire une augmentation brusque ou graduelle de la press[...] dans les vaisseaux encéphaliques. La variation ainsi provoquée est indiqu[...] par un petit manomètre à mercure placé au voisinage du tubo carotidien.

On inscrit les variations de la pression fémorale avec le manomètre mét[...] lique contrôlé par un manomètre à mercure à colonne fine.

L'animal est soumis à la respiration artificielle.

On comprime brusquement l'ampoule élastique et on augmente ainsi la pression dans les vaisseaux encéphaliques de 4 c. Hg. Aussitôt se produit un arrêt du cœur avec grande chute de pression artérielle. Cet arrêt dure 3 secondes et les battements du cœur reprennent ensuite par degrés leur fréquence.



Fig. 130.— Circulation artificielle faite dans les vaisseaux de la tête d'un chien, par les deux carotides, les vertébrales étant liées en deux points. — Quand on augmente la pression encéphaliqme (1re flèche à gauche), la pression explorée dans la carotide (bout cardiaque), tombe de 13 à 7 c. Hg à la suite d'un arrêt du cœur. — Les battements du cœur reprennent : on augmente de nouveau la pression encéphalique (2e flèche à droite): arrêt du cœur, chute de la pression carotidienne de 10 à 8 c. Hg.

La figure 130 donne un exemple de ces phénomènes ; mais bien souvent les arrêts du cœur consécutifs à l'augmentation brusque de la pression dans les vaisseaux de l'encéphale sont beaucoup plus prolongés que ceux qu'on observe dans le cas précédent, surtout quand l'élévation de la pression intra-crânienne a été plus forte et a duré plus longtemps.

Cette expérience peut être répétée sur un animal n'ayant subi d'autre opération que l'introduction d'un tube en T dans une carotide. Par la branche libre du T, on fait arriver du sang dans le réseau encéphalique sous une pression plus forte que la pression artérielle générale, en pinçant l'artère au-dessous de la canule.

Cette introduction de sang dans le bout périphérique de la carotide s'obtient soit par le même procédé qui sert dans la circulation artificielle et qui a été décrit plus haut, soit, et plus simplement, au moyen d'une seringue munie d'un robinet à deux voies : l'une des branches du robinet communique avec le tube en T introduit dans l'artère, l'autre est en rapport avec un manomètre à mercure. On sait ainsi de combien



l'injection sanguine poussée vers le cerveau dépasse le de la pression normale. 2 centimètres au-dessus chiffre produisent une augmentation de pression encép suffisante à entraîner l'arrêt du cœur, quand le sa poussé brusquement.

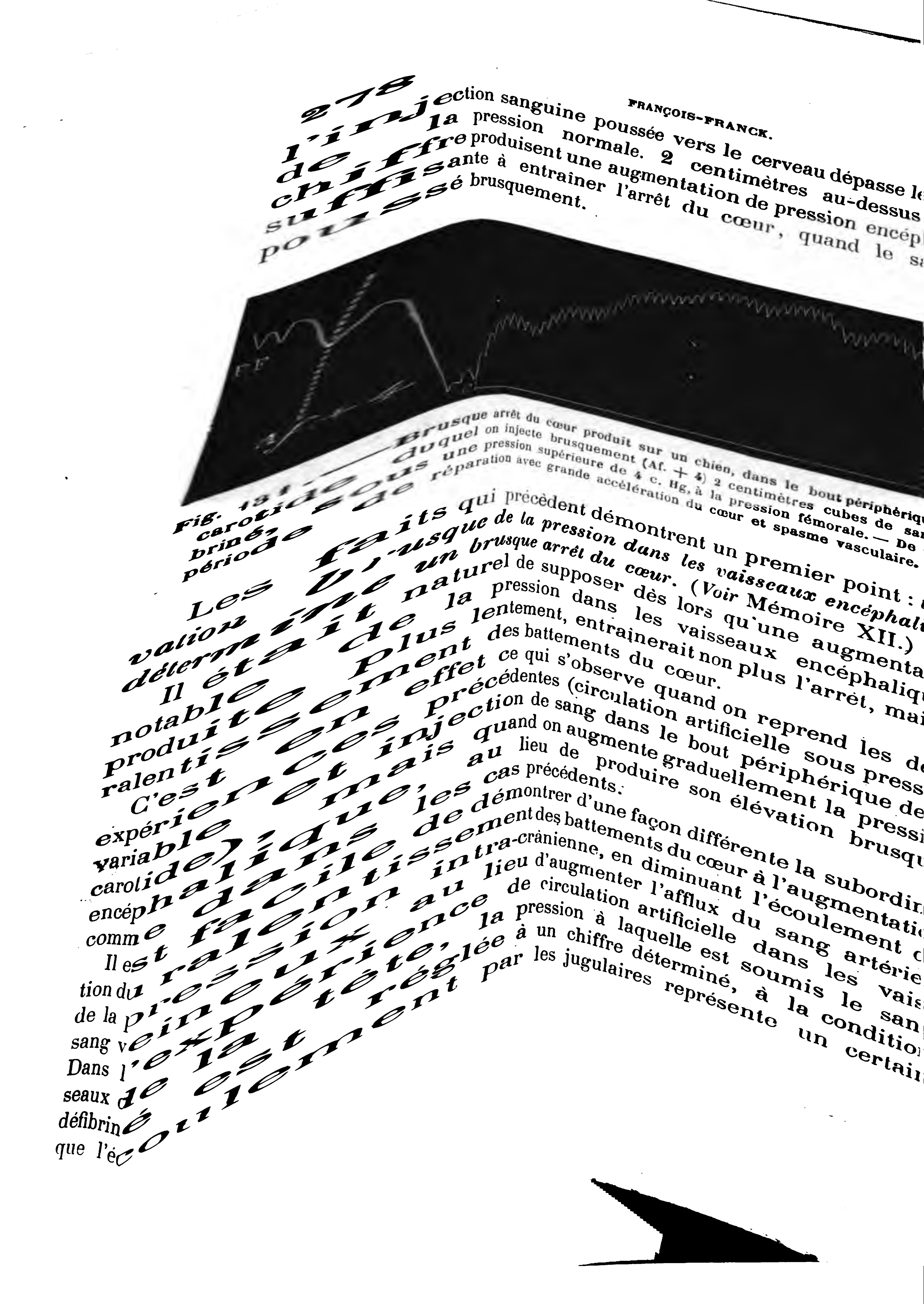


Fig. 131. — Brusque arrêt du cœur produit sur un chien, dans le bout périphériq carotide duquel on injecte brusquement (Af. + 4) 2 centimètres cubes de san briné, sous une pression supérieure de 4 c. Hg, à la pression fémorale. — De période de réparation avec grande accélération du cœur et spasme vasculaire.

Les faits qui précèdent démontrent un premier point : vation brusque de la pression dans les vaisseaux encéphali détermine un brusque arrêt du cœur. (*Voir* Mémoire XII.)

Il était naturel de supposer dès lors qu'une augmenta notable de la pression dans les vaisseaux encéphaliq produite plus lentement, entraînerait non plus l'arrêt, mai ralentissement des battements du cœur.

C'est en effet ce qui s'observe quand on reprend les d expériences précédentes (circulation artificielle sous press variable, injection de sang dans le bout périphérique de carotide), mais quand on augmente graduellement la pressi encéphalique, au lieu de produire son élévation brusqu comme dans les cas précédents.

Il est facile de démontrer d'une façon différente la subordin tion du ralentissement des battements du cœur à l'augmentati de la pression intra-crânienne, en diminuant l'écoulement d sang veineux au lieu d'augmenter l'afflux du sang artérie Dans l'expérience de circulation artificielle dans les vais seaux de la tête, la pression à laquelle est soumis le san défibriné est réglée à un chiffre déterminé, à la condition que l'écoulement par les jugulaires représente un certai

débit. Si on diminue ce débit en rétrécissant l'orifice des canules fixées aux jugulaires, la pression intra-crânienne augmentera en arrière de l'obstacle : l'effet produit sur la circulation intra-crânienne est le même dans cette expérience que quand une égale augmentation de pression est obtenue par la voie artérielle : par suite, l'effet cardiaque est identique : le ralentissement des battements du cœur est la conséquence commune de l'une et l'autre expériences.

Dans ces différents exemples, l'arrêt ou le ralentissement du cœur se montre lié à l'augmentation brusque ou graduelle de la pression dans les vaisseaux cérébraux. Or, le seul trait d'union entre le cœur et l'encéphale était constitué, dans nos expériences de circulation artificielle, par les nerfs vago-sympathiques chez le chien, pneumogastriques chez le lapin; la modification de la circulation intra-crânienne ne pouvait donc retentir sur le cœur que par cette voie nerveuse. En effet, la section des deux nerfs supprime toute perturbation cardiaque.

Les résultats précédents permettent, je crois, de considérer comme nécessaire, dans l'interprétation du ralentissement des battements du cœur observé à la suite de la compression de l'aorte, du resserrement des vaisseaux périphériques, etc., l'intervention du facteur augmentation de la pression intra-crânienne. C'était la première proposition que nous devions établir.

Mais ne pouvons-nous pas pénétrer plus avant dans le mode d'action de cette élévation de pression intra-crânienne? Si, comme on doit le supposer tout d'abord, c'est par la pression plus forte à laquelle on soumet les éléments nerveux, qu'on détermine l'arrêt ou le ralentissement des battements du cœur, il doit être indifférent que cette pression exagérée s'exerce du dedans au dehors par les vaisseaux, ou bien du dehors au dedans à la surface de l'encéphale.

C'est cette considération qui m'a fait entreprendre, sur la compression du cerveau, une série d'expériences dont je donnerai maintenant les résultats, en ne m'attachant qu'aux points qui peuvent servir au parallèle que je viens d'indiquer.

III

Augmentation de la pression intra-crân... compression graduellement croissante... cerveau. Effets cardiaques.

Procédé opératoire. — Je ne puis rappe... cuter au point de vue de la technique, les ... qui ont été jusqu'ici employés à produire ... la compression du cerveau. Tous sont, je ... bons, quand ils permettent de savoir exacte... de compression on soumet l'organe, qu'o... pression avec des poids ou en centimètres d... ne suis attaché au procédé que je vais indi... comparaison faite, il m'a paru le plus simple ... volonté des compressions croissant lentement ... des décompressions graduelles ou brusques, et... J'ai employé l'air comprimé de la façon suiva...

On visse dans l'orifice d'une couronne de trépan ... large, suivant l'animal sur lequel on opère, une v... munie de deux ailettes, celle même dont M. Sala ... l'année dernière dans ses recherches sur les m... cerveau (1). Dans cette virole, prolongée extérieure... tube de verre, on introduit, jusqu'au niveau du c... fine membrane de caoutchouc en forme de poche, qu... tenue fixée par un bouchon de caoutchouc appliquan... face interne du tube de verre. Ce petit appareil est ... ses parois à la ... dans la figure ci-jointe (fig. 132).

Fig. 132.

Le bouchon qui fixe le manchon élastique est traversé par un tube destiné à transmettre à l'intérieur du petit appareil la pression de l'ai... dans un système extérieur, au moyen de l'élévation d'un réservoir d'... figure 133 montre la disposition de l'expérience dans son ensemble.

(1) Sala. Thè... Mém. no IX. *Comptes rendus du laboratoire*, 1876.

Quand on élève le réservoir R, l'ascension de l'eau dans le bocal B produit la compression graduelle de l'air dans tout le système du manomètre et de l'appareil vissé dans le crâne La compression du cerveau doit-elle être brusque, de façon à produire un choc cérébral, une commotion, on commence par élever le réservoir, en fermant le robinet A, jusqu'à ce que l'air soit comprimé au degré de pression manométrique auquel on veut soumettre le cerveau. Quand on ouvre le robinet A, la pression s'exerce brusquement dans l'appareil P. Si, au contraire, la compression doit être graduelle, au début de l'expérience le robinet A est ouvert, et on élève progressivement le réservoir en suivant de l'œil la colonne du manomètre, ou mieux en inscrivant les déplacements du mercure avec un flotteur ou par transmission à distance.

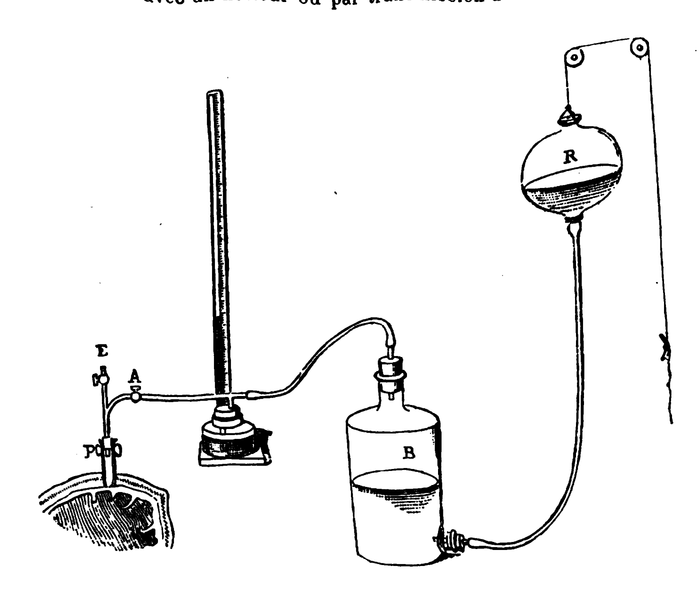


Fig. 133. — Disposition de l'appareil pour la compression du cerveau. R, réservoir dont l'élévation produit la compression de l'air dans le bocal B. — Sur le trajet du tube de transmission de la pression, un robinet A permet d'interrompre la communication avec le tube crânien P. — Un autre robinet E sert à décomprimer brusquement ou lentement.

Quant à la décompression, on l'opérera tout d'un coup en ouvrant le robinet d'échappement E, ou graduellement, en laissant redescendre le réservoir.

Tel qu'il est disposé, l'appareil que j'ai employé peut donner des pressions positives allant jusqu'à +24 c.Hg. et des pressions négatives descendant jusqu'à —8 c.Hg., quand on abaisse le réservoir au-dessous du niveau du bocal à compression.

Je dois dire maintenant : 1° pourquoi l'air comprimé a été employé de préférence à une pression liquide ; 2° quel est le but de la membrane élastique introduite dans la virole crânienne.

1° Quand on emploie un liquide, une colonne d'eau, par exemple, on ne peut jamais se rendre compte du degré de compression auquel on soumet le cer-

veau, la dure-mère *étant incisée*. En effet, l'eau s'insinue dan[s]
arachnoïdien et passe dans la cavité rachidienne ; c'est ce
crois, dans les expériences de Malgaigne qui injectait succe[ssivement]
3, etc., centimètres cubes d'eau dans le crâne. En outre, la
Cette eau, mise ainsi en contact avec les centres nerveux, n'e[st]
portance, soit qu'elle se mélange au liquide céphalo-rachidi[en]
reste entre la dure-mère et les os du crâne, si la dure-mère n'e[st]
Enfin, dans l'un et l'autre cas, on ne peut pas faire de décompre[ssion]
ce qui est important à certains points de vue.

L'air comprimé ne présente pas ces inconvénients. On gradu[e]
degré de la pression à laquelle il est soumis ; on peut comprimer
ou très-lentement et décomprimer de même.

Mais pour retirer de la compression par l'air tous les effets dés[irés]
se mettre à l'abri de certains accidents, comme l'entrée de l'air da[ns]
veineux du diploé. Cet accident est survenu deux fois dans mes pre[mières]
riences, la virole n'ayant pas été vissée suffisamment pour débord[er]
les animaux sont morts, et j'ai suivi les bulles d'air dans les ca[...]
et de là dans les vaisseaux veineux du cou, dans le cœur, etc. S[i]
sonne cet air dans un manchon élastique, on évite la possibilité de
on peut être assuré de la marche régulière de l'expérience pend[ant]
pression et la décompression.

On peut objecter, il est vrai, à ce procédé, que la compression
un point trop localisé de l'encéphale ; mais je crois que tout en fa[isant]
ques réserves, on peut considérer cette pression exercée en un [...]
circonscrit, comme transmise à la totalité du contenu crânien en ra[ison]
quantité de liquide qui en fait partie.

L'animal en expérience fournit une série de tracés simultanés, re[...]
cœur, pression artérielle, mouvements musculaires, dont l'étude, aux
instants de l'expérience, fournit des renseignements détaillés sur
fonctions explorées. Je n'utiliserai ici que les indications relatives a[ux]
fications circulatoires, me bornant à indiquer, à titre de renseignem[ents]
particularités que je n'ai point à discuter.

EXPÉRIENCES (1).

Quand on élève graduellement la compression exercée
surface du cerveau, on voit se produire un ralentissem[ent]
graduel des battements du cœur et des mouvements res[pi-]
ratoires, avant que la compression cérébrale n'atteigne le chif[fre]
Bien

(1) Une partie de ces expériences a été faite avec M. Brissaud, interne d[es]
hôpitaux,

de la pression sanguine, ces troubles commencent à se manifester (1). Dans l'exemple que je donne plus loin, on voit qu'à +8 c. Hg. (la pression artérielle de l'animal oscillant entre 15 et 16 c. Hg.) la compression du cerveau commence déjà à produire le ralentissement du cœur (fig. 135).

Le double effet cardiaque et respiratoire s'accuse quand la compression cérébrale est portée à 14 c. Hg.; enfin la respiration est complétement supprimée, le cœur ralenti (de 14 à 4) quand cette compression est poussée à 19 c.Hg. (2).

Le type présenté dans la figure 135 se retrouve dans toutes les expériences conduites de la même manière.

Il faut remarquer que le ralentissement du cœur survient avant que la compression du cerveau ait atteint la valeur ma-

(1) Ordinairement, on n'observe pas de modifications du rhythme cardiaque, dans la compression graduellement croissante du cerveau, avant que cette compression ne soit arrivée à 6 ou 7 c.Hg. Cependant, dans quelques cas, on voit le cœur s'accélérer quand la compression cérébrale atteint 2 ou 3 c.Hg. L'exemple suivant est emprunté à l'une de ces expériences.



Fig. 134. — Exemple d'accélération des battements du cœur, survenue dans une expérience de compression cérébrale, entre 2 et 3 1/2 c. Hg. La pression fémorale (PF) dont ce tracé donne les variations, s'élève en même temps que le cœur s'accélère : ce double effet paraît dû aux efforts de l'animal.

Il ne faut pas considérer ces cas comme exceptionnels : L'animal, calme avant la compression, s'est agité et a fait quelques efforts pendant les premiers instants de l'expérience ; c'est vraisemblablement à cette intervention des mouvements musculaires et de l'augmentation de la pression thoracique qu'on doit rapporter le double effet cardiaque et vasculaire indiqué ici. Quand l'animal reste calme ou quand on supprime ses mouvements par une légère curarisation, la première modification du rhythme cardiaque consiste dans le ralentissement.

(2) Ces résultats s'accordent avec ceux qu'avaient obtenus Leyden (*Virchow's Archiv*, t. XXXVIII, 1865) et Pagenstecher (*Exp. u. Stud. über Gehirndruck*, Heidelberg, 1869).

nométrique de la pression artérielle, ce qui ne manque d'importance au point de vue du mode d'action de cette pression.

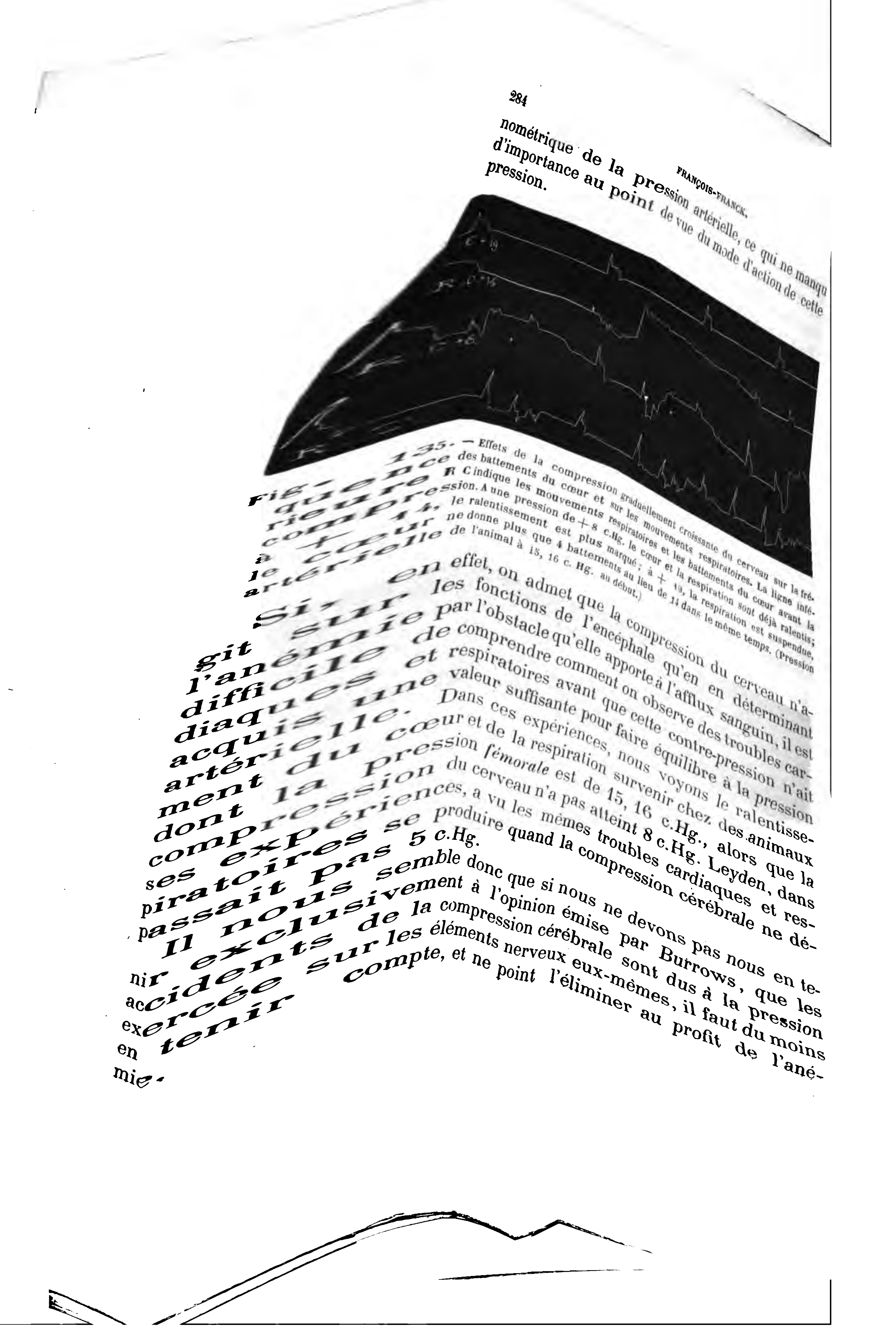


Fig. 135. — Effets de la compression graduellement croissante du cerveau sur la fréquence des battements du cœur et sur les mouvements respiratoires. La ligne inférieure R C indique les mouvements respiratoires et les battements du cœur avant la compression. A une pression de + 8 c.Hg. le cœur et la respiration sont déjà ralentis; à + 14, le ralentissement est plus marqué; à + 19, la respiration est suspendue, le cœur ne donne plus que 4 battements au lieu de 14 dans le même temps. (Pression artérielle de l'animal à 15, 16 c. Hg. au début.)

Si, en effet, on admet que la compression du cerveau n'agit sur les fonctions de l'encéphale qu'en en déterminant l'anémie par l'obstacle qu'elle apporte à l'afflux sanguin, il est difficile de comprendre comment on observe des troubles cardiaques et respiratoires avant que cette contre-pression n'ait acquis une valeur suffisante pour faire équilibre à la pression artérielle. Dans ces expériences, nous voyons le ralentissement du cœur et de la respiration survenir chez des animaux dont la pression *fémorale* est de 15, 16 c.Hg., alors que la compression du cerveau n'a pas atteint 8 c.Hg. Leyden, dans ses expériences, a vu les mêmes troubles cardiaques et respiratoires se produire quand la compression cérébrale ne dépassait pas 5 c.Hg.

Il nous semble donc que si nous ne devons pas nous en tenir exclusivement à l'opinion émise par Burrows, que les accidents de la compression cérébrale sont dus à la pression exercée sur les éléments nerveux eux-mêmes, il faut du moins en tenir compte, et ne point l'éliminer au profit de l'anémie.

N'est-ce pas à la pression exercée sur les éléments nerveux qu'il faut attribuer les arrêts ou les ralentissements du cœur dont il a été question dans le chapitre précédent, et qui s'observaient quand on augmentait la pression dans les vaisseaux de la tête ? Il ne saurait être ici question d'anémie, et tout semble devoir faire admettre que les troubles notés alors étaient bien sous la dépendance de la pression subite ou progressivement augmentée à laquelle on soumettait les éléments nerveux.

Dans ces conditions, la pression s'exerçait de dedans en dehors ; dans le cas de compression cérébrale, elle s'exerce de dehors en dedans. En cela paraît résider toute la différence.

J'ajouterai que le même mécanisme semble pouvoir être admis pour les résultats suivants dont les conditions de production se ramènent à celles que nous connaissons :

1. Quand on a comprimé le cerveau, si on le décomprime brusquement, on facilite l'afflux du sang à son intérieur, on le soumet encore à une pression vasculaire plus ou moins grande suivant le degré préalable de la compression extérieure qu'on vient de faire disparaître. Dans ce cas, encore, le cœur se ralentit.

En voici un exemple :

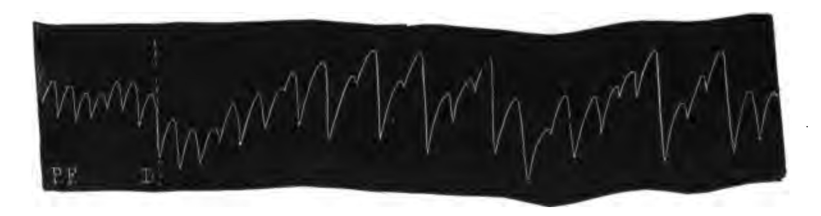


Fig. 136. — Ralentissement du cœur produit par la décompression brusque du cerveau faite en D. (Tracé des variations de la pression fémorale.)

Dans cet exemple, le chien avait été soumis à une compression du cerveau égale à 12 c. Hg. ; après les premiers troubles, la compression ayant été maintenue, le cœur avait repris son rhythme initial comme cela s'observe quand on prolonge quelque temps la compression à un degré modéré. On a décomprimé tout d'un coup (en D, fig. 136). Il est facile

de constater que les battements
blement ralentis à la suite de ce

2. C'est encore à un excès bru
nienne, que je crois pouvoir ra
cœur qui s'observe chez le chien
brusquement la compression des de
sur les phénomènes qui accompagn
dienne *chez les animaux non curarisés,*
consistent en une grande accélérat
cœur et une élévation souvent consi
artérielle), je donnerai seulement u
brusque et passager du cœur qui s'obs
moment *même* où on cesse le pincem
seaux.

Fig. 137. — Intermittence du cœur au moment de la décompression
chez le chien en DD. — Les deux artères ont été comprimées (pa
soulèvement, après isolement de leur gaîne, à partir de CC. (Tracé
la pression fémorale PF). Le tracé a été suspendu 10 secondes a
par le trait vertical plein.

Cette suspension brusque de la compression ca
s'accompagne de l'afflux d'une forte ondée sanguin
réseaux encéphaliques, et l'effet produit se montre
à celui qu'on observe quand on augmente la pressi
phalique dans les expériences de circulation artificie
les vaisseaux de la tête.

De ces différents exemples, il nous semble résulter
compression exercée à la surface du cerveau, tout com
pression exagérée produite à l'intérieur des vaisseaux
phaliques, déterminent les troubles cardiaques indiqués

lentissement ou arrêt momentané du cœur) en agissant mécaniquement sur les éléments nerveux eux-mêmes.

D'après ce que nous savons des effets produits sur la circulation d'un organe par la contre-pression extérieure à laquelle cet organe est soumis (1), l'anémie complète du tissu ne peut être produite que quand la contre-pression dépasse le chiffre de la pression intra-vasculaire.

Or, dans toutes les expériences de compression graduelle sur le cerveau, l'apparition des troubles cardiaques bien avant que la valeur manométrique de la compression ne soit égale à celle de la pression artérielle, montre bien qu'il ne peut s'agir d'une anémie provoquée par un obstacle mécanique s'opposant à l'afflux du sang.

Mais, ces réserves faites, il n'en reste pas moins acquis qu'à partir d'un certain degré de compression, l'anémie encéphalique intervient et ajoute alors son influence à celle de la pression subie par les éléments nerveux. Ce que je tenais à établir, c'est qu'avant d'être suffisante pour produire l'anémie du cerveau en faisant équilibre à la tension des vaisseaux intra-encéphaliques, la compression exercée à la surface de l'organe agit mécaniquement sur les éléments nerveux ; plus tard, quand cette contre-pression extérieure est arrivée au même degré que la pression intra-vasculaire, elle empêche le sang d'affluer dans le cerveau, mais n'en continue pas moins à agir par elle-même en tant qu'influence mécanique.

L'une des conditions de l'expérience n'exclut pas l'autre.

On peut même démontrer directement la production de l'anémie du cerveau par la contre-pression exercée à la surface de l'organe.

On sait que les mouvements du cerveau sont subordonnés à la double influence du cœur et de la respiration, et qu'il est tout aussi facile de les enregistrer que les mouvements alternatifs d'expansion et de retrait d'un autre tissu vasculaire comme la main.

Pour cela, on fixe dans le crâne d'un animal, d'un chien de préférence, une virole métallique surmontée d'un tube de

(1) V. Marey, *Comptes rendus des travaux du laboratoire*, 1876. — Lépine, *Revue mensuelle de médecine et de chirurgie*, août 1877.

verre dans lequel on verse de l'eau : ...
diminutions de volume du cerveau ques...
retrait successifs des vaisseaux qu'il co...
les déplacements du niveau de l'eau dan...
lise ces changements de niveau pour ag...
plume d'un tambour à levier inscripteur ...
veau reçoit du sang, ces mouvements e...
prime l'afflux du sang dans le cerveau, p...
des artères, les oscillations d'origine cardia...
mais on continue à observer les ondulation...
plus amples produites par la respiration, cel...
l'intermédiaire du système veineux. Il est cl...
rition des oscillations cardiaques du cerveau...
se produire si on suspend l'afflux du sang dan...
cérébraux par une contre-pression extérieure ...
monter la pression sanguine : il se produira alc...
ce que Marey a observé sur la main, soumise à ...
supérieure à celle de la pression sanguine : l...
affaissés ne permettront plus l'abord du sang ...
(Marey, *loc. cit.*)

En appliquant ce moyen d'étude à l'*effet produ...*
culation encéphalique par la compression du cerv...
m'assurer, en effet, qu'*à un moment donné, la c...*
graduellement croissante exercée à la surface du cer...
prime dans un tube fixé au crâne les oscillations ...
d'origine cardiaque.

Ces oscillations disparaissent au moment où la c...
sion du cerveau arrive à dépasser la valeur manom...
de la pression artérielle générale. D'après ce qui vien...
appelé tout à l'heure, nous sommes jusqu'ici autorisé à ...
... si les pulsations des vaisseaux cérébraux ne son...
...sibles à l'appareil totalisateur, c'est que ces vaiss...
... par la contre-pression qui leur est transmise, ne ...
... plus au sang d'aborder l'encéphale.

... est la conclusion à laquelle étaient déjà arrivés ...
... et Leyden (*loc. cit.*), sans avoir directement ...

(1) ... les détails de ces expériences, voyez le *Mémoire de M. Salat...*
... rendus du laboratoire, 1876.

montré la production de l'anémie du cerveau produite par la compression. L'opinion de Leyden est formellement exposée dans ses remarques sur ses expériences : « Chez les animaux, la pression extérieure qui interrompt complétement les fonctions cérébrales est exactement celle qui peut faire équilibre à la pression artérielle, et par conséquent peut empêcher complétement l'abord du sang dans les capillaires (1). »

La conclusion des remarques qui précèdent est que, dans la compression graduellement croissante exercée sur le cerveau, deux conditions interviennent pour produire, entre autres troubles fonctionnels, les accidents cardiaques que nous avons spécialement en vue : l'action mécanique de la compression sur les éléments nerveux et, à un degré plus avancé, l'anémie encéphalique unie à la première influence qui l'a déterminée et qui continue à s'exercer.

IV

Augmentation de la pression intra-cardiaque. — Ses effets sur le rhythme des battements du cœur.

Dans les deux chapitres qui précèdent nous avons vu que l'augmentation de la pression intra-crânienne produite par un excès d'afflux sanguin dans l'encéphale, suffisait à déterminer le ralentissement des battements du cœur ; les expériences dans lesquelles la pression intra-crânienne a été augmentée au moyen d'une compression graduellement croissante exercée sur le cerveau, ont montré que c'était par le fait d'un excès de pression sur les éléments nerveux que l'augmentation de la pression artérielle agissait pour produire les effets cardiaques que nous connaissons.

(1) V. Potain, article ANÉMIE du *Dict. encyclopédique des sciences méd.*

Cette intervention de l'encéphale da
portées au rhythme du cœur par l'é
pression artérielle, n'exclut pas la par
cardiaque lui-même. Si nous pouvons,
ralentissement du cœur en agissant à di
nerveux encéphaliques, sans que le cœu
ment influencé (expériences de circulati
les vaisseaux de la tête), il est également
le même phénomène en agissant sur le cœur
tion faite des centres nerveux *extra-cardia*

Le procédé le plus simple pour démontr
l'augmentation de la pression intra-cardiaq
fréquence des battements du cœur, avait été em
rey dans des expériences qu'il fit sur ce suje
1873 (1). Ce procédé consiste à enlever le cœu
à le soumettre à une circulation artificielle de
sous des charges graduellement croissantes.

On voit les battements diminuer de fréque
qu'on élève le réservoir de sang veineux.

Le même phénomène s'observe quand on re
d'écoulement du sang artériel, ou, ce qui revie
quand on force le cœur à chasser le sang à une
hauteur en élevant le tube d'écoulement.

Ces résultats sont connus; je n'y insiste donc
au point de vue théorique, il est un fait qui *doit*
tention : le ralentissement des battements du cœ
par l'augmentation de la pression intra-cardiaque
deux conditions que je viens d'indiquer, est dû à l'*a*
des phases diastoliques et non à la plus longue durée
toles. Or, s'il s'agissait seulement d'un ralentissemen
mécanique, comparable à celui qu'éprouve le pisto
machine à laquelle un effort exagéré est imposé, la fo
trice restant constante, c'est sur la période systoliq
devrait porter le ralentissement. Il faut donc admettre
le trouble apporté par l'excès de pression intra-cardiaq
rhythme des battements du cœur isolé, l'intervention
autre facteur : c'est dans l'appareil nerveux intra-card

(1) Marey, *Comptes rendus Acad. sciences*, 1873.



que nous devions chercher la raison du ralentissement observé.

On sait qu'en soumettant cet appareil ganglionnaire à l'action de l'atropine, on produit la paralysie des terminaisons cardiaques des nerfs pneumogastriques. Le cœur ne peut plus être arrêté ou ralenti par les influences qui en déterminaient l'arrêt ou le ralentissement par l'intermédiaire de l'appareil nerveux modérateur.

Or, s'il s'agit d'une influence de cet ordre dans le ralentissement des battements du cœur produit par l'augmentation de la pression intra-cardiaque, le ralentissement ne doit plus se produire, après la suppression du système nerveux d'arrêt par l'atropine.

J'ai donc soumis le cœur isolé à une circulation artificielle de sang défibriné additionné d'atropine, et, quoique les troubles de rhythme spéciaux à cet empoisonnement altèrent évidemment les résultats de l'expérience, je crois pouvoir tirer des esssais dirigés dans ce sens, cette conclusion que l'excès de pression intra-cardiaque produit le ralentissement des battements du cœur, au moins autant en agissant sur les appareils nerveux intra-cardiaques, que sur le muscle cardiaque lui-même.

Des expériences du même genre ont été répétées sur des animaux à moelle coupée, dont les pneumogastriques avaient été sectionnés et qu'on faisait respirer artificiellement : la compression de l'aorte au-dessous du diaphragme, la suppression d'un réseau artériel périphérique important (réseau abdominal), etc., produisaient un ralentissement considérable des battements du cœur. (*Voy.* p. 209.)

Dans ces conditions, l'intervention de l'encéphale était supprimée par la section préalable des troncs vago-sympathiques et de la moelle. L'augmentation de la pression intra-cardiaque semble avoir été seule en cause, et le ralentissement observé paraît subordonné à cette unique influence.

Quand on avait supprimé par l'atropine les fonctions de l'appareil nerveux ganglionnaire du cœur, les mêmes élévations de la pression artérielle n'étaient plus suivies de ralentissement.

Il est légitime de rapprocher ces résultats de ceux qu'ont

fournis les expériences de circulation artificielle sur le cœur de tortue isolé, et d'y voir la preuve du mécanisme invoqué plus haut pour la production des troubles cardiaques consécutifs à l'élévation initiale de la pression artérielle.

Sans doute, cette dernière partie des recherches sur le rapport qui existe entre l'augmentation de la pression intra-cardiaque et le ralentissement des battements du cœur a besoin d'être poursuivie. Mais les résultats déjà obtenus me paraissent suffisants pour faire admettre les deux propositions énoncées au début de ce travail:

1° *L'augmentation de la pression intra-crânienne produit le ralentissement des battements du cœur.*

2° *L'augmentation de la pression intra-cardiaque détermine le même résultat.*

Ces deux conditions réunies paraissent concourir à produire la diminution du nombre des battements du cœur quand la pression artérielle s'élève.

XI

EXPÉRIENCES PHYSIOLOGIQUES ET SYNTHÉTIQUES SUR LE MÉCANISME DU VOL,

par M. V. TATIN (1).

J'ai continué cette année mes études sur le vol des oiseaux (2), tantôt en me plaçant au point de vue de la physiologie proprement dite, observant le vol des oiseaux ou des cheiroptères et expérimentant sur ces différentes espèces d'animaux; tantôt m'attachant à la synthèse ou reproduction artificielle du vol au moyen d'appareils mécaniques. Ces dernières expériences avaient surtout pour but de contrôler l'exactitude des théories que suggère l'observation du vol naturel.

Si la partie synthétique de mes expériences a donné cette année peu de résultats, j'espère qu'au point de vue physiologique mes recherches n'ont pas été infructueuses et qu'elles éclaireront certains points de la fonction du vol. Les questions qui ont plus spécialement attiré mon attention sont les suivantes : *Quelle est la forme des ailes la plus avantageuse pour le vol des oiseaux? — Y a-t-il une taille maximum que les oiseaux ne puissent dépasser en conservant la faculté de voler? — Les ossements d'oiseaux fossiles montrent-ils qu'il existait des êtres volants gigantesques? Comment s'effec-*

(1) Le mémoire n° XI devait renfermer les recherches de MM. Cuffer et François-Franck sur certains troubles respiratoires (Apnée, phénomène de Cheyne-Stokes, arrêts réflexes de la respiration). Ce travail a été publié *in extenso* dans le *Journal de l'anatomie et de la physiologie*, novembre 1877.

(2) *Voir* pour l'exposition de mes premières recherches, *Travaux du laboratoire*, 1876.

que le changement du plan des ailes de l'oiseau? — *Quelles sont les particularités du vol des cheiroptères ?* — *La relevée de l'aile est elle active ou passive chez les oiseaux?*

J'exposerai sommairement ce que l'observation et l'expérience m'ont démontré sur ces différents points et je mentionnerai en terminant ce qui est relatif à mes expériences sur la synthèse du vol.

I

1. Quelle est la forme d'aile d'oiseau la plus avantageuse pour le vol ?

On a souvent signalé l'avantage que présente pour l'oiseau une aile longue et étroite qui, en lui donnant une large envergure, lui assure par cela même un large point d'appui sur l'air. Mais cette forme d'aile, si favorable qu'elle puisse être, ne suffit pas pour assurer la possibilité du vol quelle que soit la taille de l'oiseau. En effet, si nous imaginons que les dimensions linéaires d'un oiseau bon volateur soient doublées, la couche sur laquelle l'oiseau s'appuiera sera doublée de largeur, il est vrai, mais comme le poids de l'oiseau sera devenu 8 fois plus grand, son point d'appui pourra n'être plus suffisant (1). Il m'a semblé que chez les grands oiseaux, une particularité de la forme de l'aile agissait d'une manière extrêmement favorable : je veux parler de la séparation des pennes qui, écartées les unes des autres, forment pour ainsi dire une série de petites ailes distinctes dont la fonction s'exerce dans des conditions plus favorables.

Cette supposition que chacune des pennes ainsi détachée des voisines agit plus favorablement que si elle faisait partie d'un large voile indivisible, est confirmée par certaines expériences dont je parlerai plus tard. De ces expériences il résulte qu'une machine volante, d'une force constante, mais à

(1) Nous ne considérons pas comme une condition deux fois plus favorable, la largeur de l'aile qui sera doublée dans l'oiseau agrandi, car dans une aile d'oiseau, l'accroissement de cette largeur, au delà d'un certain degré, deviendrait nuisible.

laquelle on pouvait adapter des ailes tantôt formées d'un voile unique et tantôt faites de plumes séparées les unes des autres, volait mieux dans le second cas que dans le premier.

Enfin, la nature elle-même semble confirmer cette vue, en nous montrant que chez les plus grand oiseaux, l'extrémité de l'aile est ainsi divisée. Constatons encore que chez les cheiroptères, dont l'aile est indivisible, la taille maximum est beaucoup moins grande que celle que les oiseaux peuvent atteindre.

Toutefois, il ne faudrait pas admettre que cette influence avantageuse d'une aile divisée à son extrémité permette à un oiseau de se soutenir sur l'air quelle que soit sa taille. Tout porte à croire, au contraire, que nos grands oiseaux volateurs sont bien près d'avoir le maximum de taille que puisse atteindre un être volant dont les forces motrices sont bornées au pouvoir spécifique des muscles de l'oiseau.

II

Limites de la taille des oiseaux volateurs.

Les remarquables expériences de notre maître, M. le professeur Marey, ont fait connaître que la force spécifique des muscles chez la plupart des animaux à sang chaud est sensiblement la même ; en d'autres termes, qu'on peut comparer l'effort musculaire que deux oiseaux sont capables de développer en comparant la surface de section transversale de leurs muscles, cet effort étant proportionnel à cette surface.

Étant donné que 1^{cq} de muscle a, chez l'oiseau, une force de 1^{k},300, nous appliquerons cette valeur à l'estimation de la force musculaire d'un falconidé (*Buteo vulgaris*), pesant de 700 à 750 grammes.

Il est évident que cet oiseau ne pourrait voler s'il lui était impossible de se soulever en s'appuyant sur le centre d'action de ses ailes, qui est ordinairement situé entre le tiers externe et le tiers moyen de la longueur de l'aile.

Or, la surface de section de ses muscles abaisseurs de l'aile

est d'environ 30^{cq}, qui, multipliés par la force de 1^{k},300 de chaque centimètre carré, donnent un effort total de 39 kilogrammes; mais comme l'aile considérée avec son point de rotation et son point d'insertion musculaire est un levier dont les bras sont comme 1 : 20, on a donc 39 kilogrammes divisés par 20 ou 1^{k},700 comme poids maximum que pourrait avoir l'oiseau. Au delà, il ne pourrait plus se soulever en s'appuyant sur le centre d'action de ses ailes, même si le point d'appui était un solide ; faisons pour le moment cette simple remarque que cet oiseau a plus du double de la force que l'on pourrait regarder comme rigoureusement nécessaire.

Supposons maintenant le même oiseau que la nature aurait fait comme dimensions linéaires 8 fois plus grand. La puissance de ses pectoraux croîtrait comme leur section, c'est-à-dire qu'elle serait élevée à 8^2, et le poids, qui croîtrait comme le cube, à 8^3. Nous aurions donc un oiseau qui pèserait 360 kilogrammes et qui, bien que ses muscles soient spécifiquement aussi puissants que ceux des petits oiseaux, ne pourrait soulever qu'un poids de 125 kilogrammes en s'appuyant sur le centre d'action de ses ailes. Il serait évidemment fort loin de pouvoir voler.

D'après les calculs que nous faisions tout à l'heure l'envergure de cet oiseau eût été d'environ 8 mètres. Bien qu'une pareille envergure ne s'observe de nos jours chez aucun oiseau, il m'a semblé intéressant de chercher si, parmi les oiseaux fossiles, quelques-uns n'ont pas acquis de pareilles dimensions, ce qui devrait faire admettre, chez ces animaux disparus, une force musculaire spécifique plus grande que celle qui appartient aux oiseaux de la faune actuelle.

III

De la taille probable du Pelagornis.

M. le professeur Alph. Milne Edwards m'a signalé le *Pelagornis miocenus* (Lortet) comme un des plus grands oiseaux dont on trouve les débris fossiles, et m'a confié le moule en

plâtre d'un humérus de cet animal. Cet os mesure environ $0^m,60$ de longueur. A voir les saillies des attaches musculaires, on reconnaît que cet os appartenait bien à une espèce volante; son aspect grêle et léger rappelle entièrement celui des oiseaux grands voiliers qui existent de nos jours. Quelle pouvait être la taille d'un pareil oiseau?

Si nous supposions que le Pelagornis fût construit sur le type de la Frégate, le squelette tout seul de l'oiseau eût eu $4^m,20$ d'envergure. Qu'on juge des dimensions totales en supposant que la longueur des plumes se fût ajoutée à celle du squelette. Mais tous les types d'oiseaux n'ont pas les mêmes dimensions relatives de l'humérus par rapport aux os de os de l'avant-bras, au métacarpe et aux phalanges. Il est probable que chez le Pelagornis l'humérus constituait une partie plus importante de la longueur de l'aile que chez la Frégate, de sorte que la taille de cet oiseau fossile était moins grande que ne l'indique notre première évaluation.

En effet, l'humérus qui ressemble le plus à celui du Pelagornis, au point de vue de sa forme et de ses proportions, est celui du Fou austral, oiseau chez lequel l'humérus représente une notable partie de la longueur totale de l'aile. En admettant que le Pelagornis eût été construit sur un type voisin de celui du Fou austral, ce qui semble assez probable, l'envergure du squelette n'eût pas atteint 3 mètres. On conçoit donc que cet oiseau pût voler très-bien, car il n'excédait pas les dimensions où le vol est possible avec les forces musculaires qui appartiennent aux autres oiseaux, et l'on n'a pas même besoin de supposer qu'à une époque où notre planète plus jeune portait des animaux géants, la vie fut plus intense et que la force exubérante se traduisit alors par un pouvoir musculaire plus grand que de nos jours.

IV

Observations sur le changement de plan des ailes des oiseaux pendant le vol.

En partant de l'hypothèse ci-dessus mentionnée, que la division et l'écartement des rémiges transforme, pour ainsi

dire, l'extrémité, portion active de l'aile de l'oiseau [...] série de petites ailes dont chacune agit isolément, on [...] cette conclusion que chez les oiseaux où une pareille [...] existe, il n'est pas nécessaire qu'à chaque relevée et à [...] abaissement, le plan de l'aile change dans son ense[...] suffirait d'une série de changements de plan port[...] chacune des plumes individuellement.

M. Marey a signalé le changement du plan total [...] sur le goéland qu'il a pu observer en suivant des y[...] oiseau qui volait dans le prolongement du rayon vis[...] qui montrait alternativement le dessus de son aile écla[...] soleil et le dessous de couleur plus sombre. Nous n[...] tons pas l'exactitude de l'observation de M. Marey [...] ni de l'explication qu'il en a donnée, mais no[...] remarquer que chez les oiseaux dont les penne[...] écartées les unes des autres, un jeu de lumière pareil à [...] dont il vient d'être question peut et doit se produire p[...] changement de plan de chacune des pennes.

Je suppose donc que chez les grands oiseaux, le cha[...] du plan de l'aile n'est pas absolument complet, et [...] mentation de chaque plume séparée vient compléter la [...] la rotation d'un vol qui, sans cela, serait assimilable à celui [...] fection des chéiroptères, c'est-à-dire incomparablement moins puiss[...]

A côté de ces remarques sur la fonction de la partie ac[...] l'aile, je crois utile de placer certaines réflexions su[...] dite passive, celle qui est située le plus près du co[...] de l'oiseau.

Il semble que, dans cette partie de l'aile, la face inférieu[...] doive toujours regarder en avant afin de produire, mê[...] pendant l'abaissée, un effet de cerf-volant. Mais il y a, [...] cette inclinaison, une autre raison très-importante; en effe[...] lorsque l'oiseau abaisse son aile, son corps reçoit une vigou[...] reuse impulsion de bas en haut et, sans une inclinaison trè[...] accentuée, cette partie de l'aile frapperait inévitablemen[...] l'air par sa face supérieure, ce qui est inadmissible. Cett[...] inclinaison doit donc être d'autant plus sentie que l'oiseau [...] a les ailes plus longues et le corps relativement plus léger [...] C'est en effet ce qu'on peut constater chez les oiseaux de mer [...] qui ont relativement à leur poids, la plus grande envergure.

V

Vol des cheiroptères.

Chez les cheiroptères, l'aile est toujours formée d'une seule membrane maintenue étendue dans le sens de sa largeur par les métacarpiens et les phalanges. Ici, le changement de plan doit s'opérer avec certitude sous peine de voir le vol aboli; mais, comme les grands cheiroptères sont à peu près voilés dans les mêmes proportions que les petits, il doit en résulter pour eux une plus grande fatigue à soutenir le vol pendant un certain temps, et enfin, la limite de leur grandeur doit être beaucoup plus restreinte que chez l'oiseau; c'est en effet ce qui existe. Les individus les plus grands qu'il nous ait été donné de connaître en fait d'animaux dont l'aile est ou était formée d'une simple membrane, sont les ptérodactyles dont, comme leur nom l'indique, l'aile avait un doigt pour toute charpente. Je reprendrai plus tard l'étude que j'ai commencée sur ces curieux spécimens de la faune fossile. Chez les cheiroptères, il est probable que, lorsque l'aile est étendue, elle a toujours sa face inférieure tournée en avant, et que ce n'est que sous l'influence de la pression de l'air sous l'aile pendant l'abaissée qu'elle prend la position utile, grâce à la flexion des articulations du carpe. C'est, on le voit, le mécanisme du vol réduit à sa forme la plus simple.

Quant à la fonction de la queue, elle semble être la même chez le cheiroptère que chez l'oiseau; le principal mouvement semble s'effectuer dans le sens vertical.

VI

Probabilité de la relevée passive de l'aile.

J'admets que chez l'oiseau et chez le cheiroptère, les changements du plan de l'aile sont entièrement passifs, c'est-à-

dire que la résistance de l'air suffit, sans aucun effort de l'
mal, pour produire ces mouvements que l'on pourrait ap
ler automatiques. Ne se produirait-il pas quelque chose
nalogue dans la relevée de l'aile ? J'ai déjà signalé
dernier la possibilité que la relevée fût passive dans une
taine mesure, grâce à l'orientation en avant de la face i
rieure de l'aile à la fin de chaque abaissée. J'ai pours
cette année cette recherche et je suis tout disposé à regar
la relevée comme entièrement passive. J'entends que cela
passe ainsi en plein vol, car il est bien évident qu'au dép
si l'oiseau n'a pas de vitesse, il est impossible que c
vitesse relève son aile. J'ai revu les anciens travaux
M. Marey dans lesquels il signale un fort gonflement
pectoraux pendant l'abaissée, puis, pendant la relevée, un g
flement plus faible qu'il a regardé comme dû au mus
releveur.

M. Marey croit avoir remarqué que ce gonflement, q
attribue au moyen pectoral, disparaît quand on place l'explo
teur à la partie externe du thorax de façon que le grand pe
toral agisse seul sur l'appareil. Peut-être y aurait-il lieu
contrôler ces résultats par des expériences nouvelles, car
pourrait supposer que le grand pectoral produisît à lui se
les deux mouvements qu'on note dans les tracés. De ces deu
mouvements, le premier serait produit par l'effet d'abaisse
de l'aile, le second par un acte du même muscle destiné
modérer la relevée de l'aile et à l'empêcher de se faire tro
brusquement sous l'influence de la résistance de l'air contr
le plan incliné de l'aile quand la translation est rapide.

VII

Expériences synthétiques sur le vol.

Je n'ai que peu de choses à dire sur les expériences que j'ai faites cette année sur la reproduction artificielle du vol, quoique ces expériences aient été fort nombreuses; mais la plupart étant faites en vue de contrôler certaines vues théo-

riques, les résultats en ont été exposés déjà dans les paragraphes qui précèdent.

Mes essais ont été nombreux au sujet des changements de plan de l'aile.

J'ai pu me convaincre de la supériorité du type de l'aile d'oiseau sur celui de l'aile de cheiroptère en adaptant à une même machine motrice les deux sortes d'ailes. Ainsi, une disposition dans laquelle le changement du plan de l'aile se faisait dans la région du carpe, ne m'a donné que de mauvais résultats à l'air libre, bien qu'au manége l'appareil soulevât la totalité de son poids. Tandis que les résultats furent meilleurs avec des ailes construites sur le type oiseau et formées chacune de six plumes. Ces plumes factices étaient faites en soie, nervées en rotin filé, le tout d'une très-grande légèreté.

Les nombreuses expériences que j'ai faites avec ma première machine à air comprimé l'ayant mise à peu près hors de service, j'en ai construit une autre que j'ai réussi à rendre plus légère encore. L'air y étant comprimé à une tension moindre, les inconvénients du froid qui accompagne la détente sont à peu près nuls.

J'ai réussi à obtenir le vol d'une machine à ressort moteur construite sur le type du cheiroptère en donnant aux ailes et à la queue la forme et les dimensions qui existent chez la chauve-souris ; les ailes présentent toujours leur face inférieure en avant, sauf lorsque la résistance de l'air en modifie le plan comme il a été dit plus haut. Cet appareil vole bien, mais ne présente pas un équilibre aussi parfait que ceux que j'ai construits sur le type de l'oiseau.

Enfin, pour étudier expérimentalement le phénomène de la relevée passive de l'aile, j'ai construit un appareil volant muni d'ailes du type cheiroptère et dans lequel il n'y a aucun organe releveur de l'aile. Le ressort moteur, après avoir produit l'abaissement, s'embraye, et l'aile devient libre ; il faut que la résistance de l'air ait produit la relevée complète de l'aile pour que le ressort se débraye et produise une abaissée nouvelle. Ainsi que je le prévoyais, cet oiseau peut voler, mais il faut, au départ, lui imprimer une certaine impulsion

pour que ses ailes, fonctionnant à la manière de cerfs-v
trouvent sur l'air la force qui produit leur relevée passi

On voit que les expériences sur la synthèse du vo
encore loin d'être terminées, mais qu'elles paraissent
dans une phase où les tâtonnements sont moins nombre
où le succès est déjà en partie obtenu.

XII

NOTE SUR LES EFFETS CARDIAQUES ET VASCULAIRES DU CHOC CÉRÉBRAL (1),

par le Dr FRANÇOIS-FRANCK.

L'effet de l'augmentation de la pression intra-crânienne sur le rhythme des battements du cœur a été étudié dans le Mémoire n° X. J'ai insisté dans ce travail sur l'action mécanique de la compression des éléments nerveux.

Je veux ici appeler l'attention sur les effets que le *choc cérébral*, qu'on est convenu d'appeler *commotion cérébrale*, exerce sur les mouvements du cœur et le calibre des vaisseaux.

Les expériences semblent devoir faire admettre que *le choc cérébral produit l'arrêt du cœur par l'anémie brusque de l'encéphale, cette anémie étant elle-même la conséquence d'un spasme vasculaire réflexe.*

Avant d'entrer dans les détails de cette recherche, il est nécessaire de bien établir les conditions de l'expérience.

Disposition des appareils. — La commotion du cerveau est obtenue en faisant communiquer, par l'ouverture brusque d'un robinet, la cavité du tube fixé au crâne avec un réservoir d'air comprimé. (*Voyez* la description et le dessin de l'appareil, mémoire X, p. 281.) En même temps que le choc cérébral se produit, une soupape latérale s'ouvre automatiquement, de

(1) Note communiquée à la Société de biologie dans la séance du 3 novembre 1877.

telle sorte que le cerveau ne supporte pas de p
du temps nécessaire à produire la commotion

Si j'ai préféré au choc sur le crâne l'emploi
commotion, avec compression brusque et déc
bite, directement appliquée au cerveau, c'est
coup plus facile de régler les conditions de l'e
coup sur la tête de l'animal n'agit pas toujours
intensité suivant la direction plus ou moins pe
du corps contondant ; la force employée à
traumatisme se perd en partie dans les os
cèdent devant elle, et le cerveau lui-même n
que des effets variables presque impossibles
ner à l'avance ; si le choc est trop fort, il en
fractures, des épanchements de sang dans les m
dans le cerveau, tous accidents qui compliquent l
en créant des conditions nouvelles dont on ne sa
un compte exact. En opérant avec une colonne d'ai
pose d'une force connue, qui agit et cesse d'agir
ment.

---

1. — Le choc cérébral produit l'arrêt immédiat et pa du cœur.

Quand on soumet le cerveau d'un chien à un choc
par l'arrivée brusque d'une colonne d'air comprimé
c. Hg., le cœur présente un arrêt immédiat qui dure
ques secondes et qui est suivi de la reprise des batten
si la compression est aussitôt supprimée que produite.

La figure 138 donne un exemple de ces accidents.
Le chien qui a fourni ce tracé n'avait subi d'autre op
tion que l'application d'une couronne de trépan sur le par
gauche au voisinage de l'occipital, et l'introduction d'une
nule de manomètre dans la fémorale. Il n'avait point été
dormi, ce qui est à noter comme nous le verrons tou
l'heure. Au moment même du choc cérébral, l'animal a fait
mouvement brusque, aussitôt suivi de repos ; sa respiration,

bitement arrêtée par le choc, a repris son rhythme en même temps qu'ont reparu les battements du cœur. En un mot, aucune perturbation étrangère à l'expérience n'est intervenue ici.

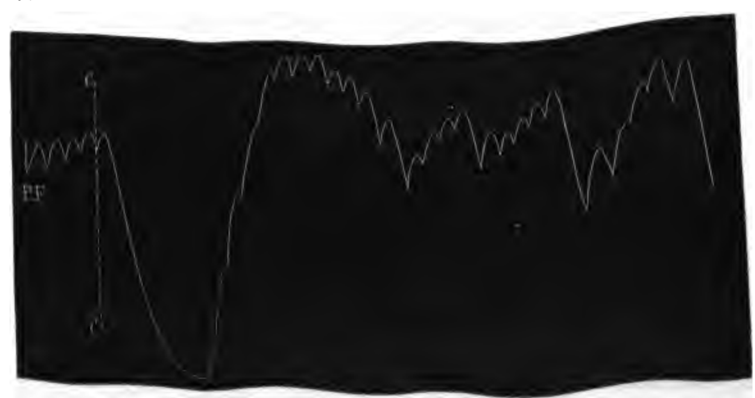


Fig. 138—PF, variations de la pression fémorale d'un chien qui reçoit en CC le choc d'une colonne d'air comprimé à + 12 c.Hg. Le cœur s'arrête aussitôt, son arrêt dure 2", la pression artérielle tombe de 15 à 8 c.Hg. Elle se répare ensuite rapidement après la reprise des battements du cœur.

Dans tous les cas où les animaux ont été pris dans les mêmes conditions relativement normales et n'ont pas présenté de convulsions au moment du choc cérébral, le même phénomène s'est produit : *arrêt brusque du cœur et de la respiration.*

Cherchons maintenant à analyser l'action de ce choc cérébral et à déterminer au moins quelques points du mode de production des accidents cardiaques.

Remarquons d'abord que la compression brusque à laquelle a été soumis le cerveau de l'animal ne dépassait pas 12 c.Hg., tandis que la pression artérielle explorée dans la fémorale s'élevait à 15 c.Hg. (moyenne entre les minima et les maxima). Il résulte de ce simple rapport que le choc cérébral n'a pu agir en provoquant l'effacement mécanique des vaisseaux cérébraux, puisque sa valeur manométrique était inférieure à celle de la pression artérielle. (*Voir* mémoire X. Dirons-nous que c'est en raison du fait mécanique de la compression brusque des éléments nerveux que l'arrêt du cœur s'est produit ? que c'est à la commotion en tant que « secousse nerveuse » qu'il faut rapporter les accidents

observés ? Ce sont là évidemment les conditions l
l'expérience, mais ce ne sont point les condition
des troubles cardiaques : la preuve en est facile
Quand l'animal (toutes les conditions restant s
est pris de convulsions tétaniques *au moment du*
qui revient au même au point de vue des effets ci
se débat et fait de violents efforts, *l'arrêt du cœur*
duit pas. (Fig. 139.)

Fig. 139. — Commotion du cerveau à + 12 c.Hg. faite en C sur un chien q
de convulsions au moment du choc et fait ensuite de violents efforts. l
cœur ne se produit pas. — La pression femorale PF s'élève après la com
les variations cardiaques deviennent plus fréquentes.

Il semble que les violents mouvements musculaire
suspension respiratoire survenus aussitôt après le ch
rébral, créent une condition nouvelle qui vient lutter
avantage contre les effets cardiaques de la commoti
cerveau.

Nous savons que l'effort violent produit l'accélératio
battements du cœur et l'élévation de la pression artéri
Or, dans les circonstances actuelles, ces effets sont pré
ment inverses de ceux que produirait la commotion brus
du cerveau si l'animal restait calme (*Voy.* fig. 138). Il en
suite que nous pouvons supposer que la persistance
circulation encéphalique, grâce à la projection forcée
dans les vaisseaux de la tête, suffit à annihiler les eff
choc cérébral. Ce choc entraînerait, comme toutes
ces nerveuses violentes appliquées au centre ou à
périphérie des nerfs sensibles, un spasme vasculaire pass
lequel serait la condition prochaine de l'arrêt passag
du cœur.

En définitive, nous admettrions pour expliquer les accidents cardiaques immédiats l'anémie cérébrale, non plus, comme dans le cas de contre-pression exagérée, par affaissement mécanique des vaisseaux, mais par resserrement vasculaire réflexe.

Cette interprétation a, du reste, pour elle un certain nombre de faits expérimentaux et cliniques.

1° Les animaux qui ont été soumis à une *curarisation poussée assez loin pour supprimer la contractilité réflexe des vaisseaux* ne présentent pas d'arrêt du cœur dans les conditions où cet arrêt survient chez des animaux non empoisonnés;

2° Si le chien a été anesthésié par le chloroforme, mais surtout endormi avec des injections intra-veineuses de chloral, il ne présente pas plus d'arrêt du cœur que l'animal curarisé. Or, nous savons par des expériences faites dans le laboratoire du professeur Vulpian, par M. Carville, que *le chloral entraîne la paralysie vaso-motrice.*

Nous voyons donc, d'une part, que les animaux qui exagèrent par des efforts la circulation dans leur cerveau ne présentent pas l'arrêt cardiaque qui s'observe, sous l'influence du choc cérébral, chez les chiens qui restent calmes; d'autre part, ceux dont l'excitabilité vaso-motrice a été suspendue par le curare ou le chloral, n'ont pas non plus d'arrêt du cœur. Que manque-t-il aux uns et aux autres pour que cet accident cardiaque de la commotion se produise? Rien autre chose, à ce qu'il semble, que la possibilité d'une anémie encéphalique par resserrement vasculaire réflexe sous l'influence du choc cérébral.

Si nous jetons maintenant un regard sur les accidents immédiats des embolies cérébrales qui surviennent chez les malades, ou qu'on produit expérimentalement sur les animaux, nous constatons que la chute avec perte de connaissance est immédiatement consécutive au choc embolique, et les accidents s'atténuent rapidement et disparaissent quand le premier effet est dissipé. Cet effet initial du choc embolique, attribué par les cliniciens et les physiologistes tout autant à l'anémie brusque du réseau oblitéré qu'au spasme vasculaire réflexe, résultat du choc lui-même, semble tout à fait comparable à l'effet immédiat du choc exercé à la surface du

cerveau : dans l'une et l'autre conditions, c'est un
...isme subit de l'encéphale amenant à titre de phé...
...actionnel immédiat le spasme vasculaire (1).

CONCLUSIONS

1 — Le choc cérébral produit l'arrêt passager du c...
respiration.

2 — Dans les cas où les vaisseaux ont perdu l...
de se contracter sous l'influence des excitatio...
(curare à hautes doses, chloroforme avec mor...
en injections intra-veineuses) l'arrêt du cœur ...
pas sous l'influence de la commotion cérébrale.

(1) J'ai cherché à vérifier directement cette contraction réflexe des vai... en employant le procédé de Donders, la fenêtre crânienne, mais je n'a... de cet examen des vaisseaux de la pie-mère aucune certitude, pas plu... le cas de compression brusque du cerveau que dans le cas d'emboli... tidienne ; je n'ai point non plus constaté le resserrement réflexe que ... nagel a observé à la suite de l'excitation des nerfs sensibles et que R... Jolly attribuent à l'influence des efforts de l'animal (?) (*Virchow's A...* 1871. Bd. III.) — En poursuivant cette recherche, j'ai essayé de co... l'interprétation ci-dessus discutée en étudiant le volume du cerveau au ... du tube crânien à niveaux variables. Le résultat m'a paru plus préci... niveau du liquide s'est abaissé dans le tube explorateur, aussitôt ap... choc. Mais la coïncidence d'un arrêt respiratoire le plus souvent en i... tions, m'engage à faire quelques réserves au sujet de l'interprétation de ... diminution de volume du cerveau. Est-elle directement liée à l'anémie ...brale par resserrement vasculaire réflexe ou tient-elle surtout à l'augm...tion de l'aspiration thoracique pendant l'arrêt respiratoire ? Ces points r... à éclaircir. J'espère cependant obtenir quelques indications en examinant le fon... l'œil à l'ophthalmoscope d'une part, en mesurant d'autre part les vari... du diamètre de la pupille, avec le diplomètre de Landolt. Quoique ces ...gements du diamètre pupillaire ne me paraissent pas, en général, m... toute l'importance qui leur est attribuée, je crois que dans les condi... spéciales de cette étude, en raison même de la rapidité des variations et ... précision nouvelle apportée par Landolt à leur comparaison, on p... tirer parti de leur examen.

3. — Il semble donc que l'anémie brusque du cerveau par resserrement réflexe des vaisseaux soit la condition nécessaire de l'arrêt du cœur par choc cérébral.

4. — Si, en effet, cette anémie cérébrale est rendue impossible par l'afflux du sang artériel sous forte pression dans le cerveau, pendant l'effort et les convulsions de l'animal, l'arrêt du cœur ne survient pas.

5. — La syncope qui se produit chez les malades atteints d'embolie cérébrale est assimilable, dans son origine et son mécanisme, à celle que provoque la commotion du cerveau : le choc cérébral existe dans les deux cas, et le spasme vasculaire réflexe des vaisseaux encéphaliques paraît en être la conséquence de part et d'autre.

XIII

RECHERCHES SUR UN CAS D'ECTOPIE CONGÉNITALE DU CŒUR OBSERVÉ CHEZ UNE FEMME DE 24 ANS (1),

par le Dr FRANÇOIS-FRANCK.

Le cas d'ectopie congénitale du cœur qui fait l'objet de ce travail a été observé au mois de juillet de cette année chez une fille de 24 ans, deux fois mère et d'une bonne santé habituelle. Le fait d'une hernie presque totale du cœur sous la peau de l'abdomen, avec une large éventration sus-ombilicale, méritait d'etre étudié au point de vue anatomique et présentait un grand intéret à cause de la rareté de la survie chez les sujets atteints d'une semblable anomalie.

Mais le point le plus important de cette étude était évidemment l'analyse physiologique des mouvements et des bruits du cœur que la lésion congénitale permettait d'explorer presque directement.

Je passerai successivement en revue les renseignements fournis par l'exploration, à l'aide de la vue, du toucher et de l'auscultation ; (§ 1) : j'exposerai ensuite les résultats de l'examen des pulsations des ventricules et de l'oreillette droite, (§ 2), en insistant sur l'identité des détails ainsi obtenus

(1) Résultats communiqués à l'Académie des sciences dans les séances du 15 et du 30 juillet 1877.

et de ceux qu'a fourni à MM. Chauveau et Mare
phie sur les grands animaux. Dans un troisièm
je rapprocherai l'exploration des changements
cœur chez les animaux (Mémoire VIII) de celle
tion superficielle du cœur m'a permis de faire s
de Colmar. Enfin, dans une note additionnelle
terai quelques renseignements bibliographiques
servir à établir certains détails anatomiques
lésion observée chez la malade dont il s'agit.

---

§ I.

Examen du cœur par la palpation, la vue et l'auscul

La nommée Marie Fl..., âgée de 24 ans, habi
beauvillé (Alsace), fut soupçonnée d'infanticide au
mai 1877, et le Dr Klée, médecin cantonal, ayant eu
miner au point de vue d'un accouchement récent, c
l'existence d'une ectopie du cœur à la région épigastr
d'une large éventration de l'abdomen. Il considéra
comme assez important pour mériter un examen détai
en écrivit au professeur Marey. M. Marey voulut bi
confier le soin d'aller étudier le fait signalé par M. Kl
j'en fis l'examen détaillé en présence des docteurs Wimpf
Küss, avec le concours bienveillant du Dr Klée, à la p
de Colmar, du 5 au 8 juillet.

Voici quels sont les principaux points constatés lors
notre premier examen :

Le cœur forme au creux épigastrique une tumeur
volume d'un œuf de dinde ; la peau le recouvre et, par
laxité, ne gêne en rien ses mouvements. On saisit à plei
main la masse ventriculaire, qui seule fait hernie, les orei
lettes restant cachées par l'extrémité inférieure du sternu
et le rebord des cartilages costaux. L'extrémité des doigt
engagés au-dessous du cœur, en déprimant la peau, pénètre

à une profondeur de 8 centimètres et arrive sur la face inférieure du diaphragme : on constate alors l'existence d'une large ouverture du diaphragme, circonscrite en arrière par un rebord fibreux semi-annulaire à concavité antérieure, en avant par la face postérieure du sternum dont l'appendice xyphoïde fait défaut, et, sur les côtés, par les cartilages costaux soudés entre eux. C'est par cet orifice anormal que le cœur s'est partiellement engagé dans la cavité abdominale; la masse auriculaire est restée dans la cavité thoracique, de telle sorte que le cœur est à cheval, par sa face postérieure, sur le rebord fibreux qui limite en arrière l'orifice anormal du diaphragme. La tumeur forme une saillie conoïde, dont le grand axe est dans le plan médian antéro-postérieur du corps; la pointe est légèrement déjetée vers la gauche; la masse ventriculaire soulève la peau à chaque systole, en même temps qu'elle présente une torsion de gauche à droite autour de son grand axe; elle se redresse alors, devient dure, globuleuse, et la pointe forme la partie culminante, le soulèvement total s'opérant autour d'un axe transversal qui passerait par la base. Pendant ce mouvement de projection en avant et en haut, on note une augmentation de longueur du diamètre vertical : ce diamètre qui est de 7 centimètres à la fin de la diastole, acquiert 8 cent., 5 au début de la systole.

En explorant avec le doigt le bord droit de la masse ventriculaire, on rencontre, à 5 centimètres au-dessus du niveau de la pointe, une petite saillie alternativement molle et rigide, qui donne à l'extrémité du doigt un petit choc se confondant, au toucher, avec le début de la systole ventriculaire. L'examen graphique a démontré que cette saillie mobile appartient à l'oreillette, et, d'après sa position, on doit la considérer comme formée par l'extrémité inférieure de l'auricule droite.

Ici pourrait être discutée la question de la présence ou de l'absence de péricarde. Je supposais que le péricarde devait faire défaut puisque, en suivant le bord du ventricule droit, on pouvait insinuer le bout du doigt entre l'auricule et le ventricule droit au niveau du sillon auriculo-ventriculaire. Si le péricarde eût existé, disais-je, il aurait formé à ce niveau un pont fibreux qui n'aurait pas permis l'introduction du

doigt dans le sillon auriculo-ventriculaire. M... m'a fait remarquer que le péricarde pourrait c... ter et former un sac en forme de cône, à ba... s'insérant tout autour de l'anneau diaphrag... lors, la main pénétrerait dans la cavité même... largement ouvert par en bas.

Je ne puis donc trancher cette question, d'aut... les observations tératologiques ont montré que... placé était tantôt muni de péricarde et tant... nuait (1).

A la base de la face antérieure de la tumeur, ... vers la partie moyenne, une saillie arrondie de... du petit doigt, se détachant de la surface ventricu... et remontant obliquement de droite à gauche pour... sous le sternum. Cette saillie fournit, à chaque... frémissement très-appréciable au doigt; ce frém... comparable au *thrill*, s'accuse davantage quand on... gèrement; il cesse avec la systole ventriculaire. ... sur ce point le pavillon étroit d'un stéthoscop... quand au début du deuxième temps, quand s'opère le... tend brusque des ventricules, un bruit de clapet de... grande netteté, qui correspond à l'abaissement des... sigmoïdes. Ces différents indices devaient faire considé... saillie comme la portion initiale de l'artère pulmonair... ont en effet démontré les tracés obtenus en con... ce mouvements d'expansion et de retrait de ce corps... les différentes phases de la révolution cardiaque. ...

L'auscultation de la région de la pointe fait en... deux bruits : le premier coïncide avec le durcissement... du cœur, et consiste en un bruit bref de soupape... lique sur un bruit plus prolongé, durant pendant la sy... entière; ce dernier est vraisemblablement un bruit... tout en le second bruit de la pointe n'est qu'une propagatio... culaire; bruit de la base, comme on peut s'en assure... second son renforcement à mesure qu'on remonte ave... stéthoscope de la pointe vers la base.

Je n'ai pu déterminer un foyer d'auscultation dist...

(1) V. Förster. Jena, 1861.

pour chaque ventricule en suivant les bords droit et gauche du cœur.

En appliquant le pavillon du stéthoscope au niveau de l'articulation des derniers cartilages costaux du côté droit avec le bord correspondant du sternum, on entend un souffle anémique, doux et filé, au premier temps ; au second temps, on retrouve le bruit de clapet signalé au foyer de l'artère pulmonaire. Je crois que le point chondro-sternal, au niveau duquel on perçoit le souffle du premier temps, correspond au foyer d'auscultation aortique, car le souffle se perd quand on remonte la ligne des articulations chondro-sternales droites, et se retrouve avec tous ses caractères dans la carotide droite, au niveau du bord antérieur du sterno-mastoïdien.

Cette femme présente, en outre de l'ectopie congénitale du cœur, une éventration congénitale de 8 centimètres de diamètre, siégeant au-dessus et au niveau de l'ombilic ; la peau recouvre directement l'intestin ; on introduit facilement la main dans la cavité abdominale et l'on peut suivre le bord antérieur du foie, comprimer l'aorte et ses branches. L'absence de paroi abdominale résistante explique sans doute pourquoi la malade est incapable de soutenir un effort, et pourquoi cet effort ne s'accompagne pas des modifications cardiaques et artérielles ordinaires.

---

§ II.

Exploration graphique.

Le point le plus important de l'étude du cœur ainsi placé à la portée de l'observateur, consistait dans le rapprochement des résultats obtenus par l'examen graphique et de ceux qu'avait fourni à MM. Chauveau et Marey la cardiographie sur les grands animaux.

Les ventricules faisant saillie au creux épigastrique, l'application simultanée de plusieurs appareils à leur surface était des plus faciles.

L'exploration de la pulsation ventriculaire a été faite à l'aide de deux appareils de même sensibilité appliqués l'un à droite, l'autre à gauche de la masse ventriculaire, et de telle sorte que l'un correspondît au ventricule gauche, l'autre au ventricule droit.

Cette double exploration a fourni un grand nombre de tracés desquels j'extrais le type suivant :



Fig. 140. — Pulsations simultanées du ventricule droit (Vd) et du ventricule gauche (V

On voit dans cette figure la pulsation des deux ventricules, celle du ventricule gauche (Vg) plus énergique, produisant une impulsion plus violente de la membrane du tambour explorateur; on peut s'assurer, à l'aide des lignes de repère, que le synchronisme des deux systoles ventriculaires est parfait, le début de chaque pulsation se trouvant être sur une même verticale.

La méthode graphique seule pouvait permettre de préciser en toute certitude la nature d'une petite saillie mobile qu'on rencontrait avec le doigt en remontant le long du bord droit du cœur. Cette petite saillie, alternativement molle et rigide, donnait sur la pulpe de l'index un battement qui semblait toucher, coïncider avec le battement ventriculaire. L'inscription simultanée des deux pulsations, celle de la petite saillie et celle du ventricule droit, a permis de les dissocier et d'affirmer que le battement de la première correspondait à la systole de l'oreillette.

En appliquant le bouton d'un premier explorateur sur la saillie latérale mobile, et celui d'un autre explorateur à

surface même du ventricule droit, j'ai recueilli le double tracé suivant :



Fig. 141. — Systoles de l'auricule droite (Od) précédant le début des systoles du ventricule droit (Vd).

Le soulèvement de la ligne Od correspond aux chocs de la petite saillie ; ceux de la ligne Vd aux pulsations du ventricule droit.

Or, en examinant le tracé inférieur, nous voyons que chaque systole du ventricule droit est précédée d'un soulèvement plus petit, soulèvement que les expériences de cardiographie de MM. Chauveau et Marey nous ont appris à considérer comme le résultat de la systole de l'oreillette qui précède immédiatement celle du ventricule. En suivant la verticale qui passe par le sommet du soulèvement auriculaire sur le tracé de pulsations du ventricule droit, nous tombons sur le grand soulèvement de la ligne supérieure, lequel représente évidemment la systole de l'oreillette droite.

C'est donc au choc systolique de l'oreillette que doit être attribuée la pulsation perçue en appliquant le doigt sur la petite tumeur mobile qu'on trouve quand on remonte le long du bord droit du cœur.

La démonstration devient évidente si l'on rapproche le double tracé qui précède du double tracé suivant recueilli sur le cheval par MM. Chauveau et Marey.

On retrouve ici exactement la même disposition des courbes l'une par rapport à l'autre ; or, dans les expériences de MM. Chauveau et Marey, une première ampoule de la sonde cardiaque était engagée dans l'oreillette et donnait le tracé de la ligne supérieure, une seconde ampoule, engagée dans le



ventricule fournissait le tracé de la ligne inférieur… lèvements de l'une et de l'autre ligne correspon… conséquent aux augmentations de pression qui se p… dans chaque cavité, c'est-à-dire aux systoles suc… l'oreillette et du ventricule.

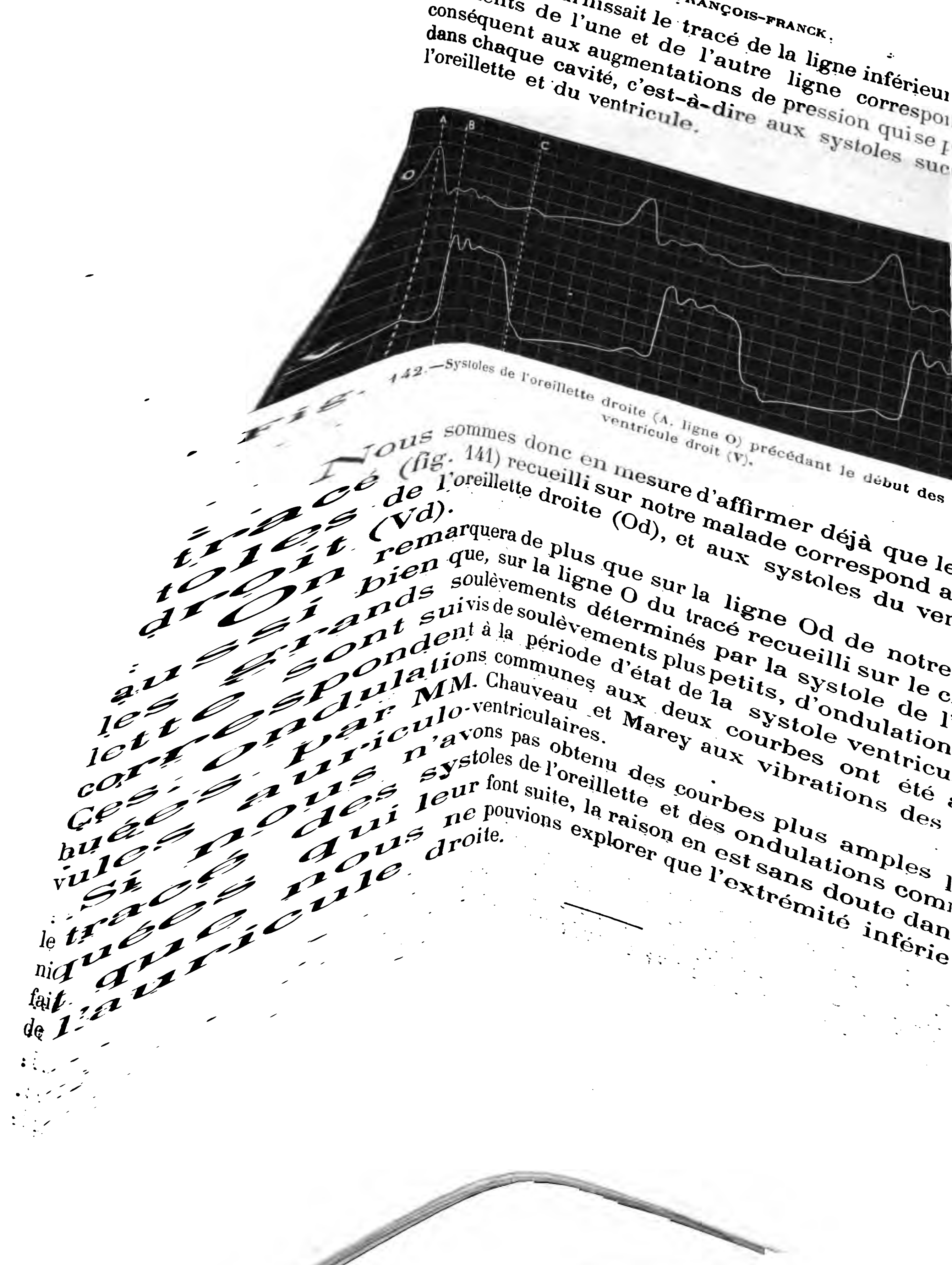


Fig. 142. — Systoles de l'oreillette droite (A, ligne O) précédant le début des … ventricule droit (V).

Nous sommes donc en mesure d'affirmer déjà que le tracé (fig. 141) recueilli sur notre malade correspond a… triel de l'oreillette droite (Od), et aux systoles du ven… droit (Vd).

On remarquera de plus que sur la ligne Od de notre … Si bien que, sur la ligne O du tracé recueilli sur le c… au… les grands soulèvements déterminés par la systole de l'… lette sont suivis de soulèvements plus petits, d'ondulation… correspondent à la période d'état de la systole ventricu… Ces ondulations communes aux deux courbes ont été a… buées par MM. Chauveau et Marey aux vibrations des … vules auriculo-ventriculaires.

Si nous n'avons pas obtenu des courbes plus amples … tracé des systoles de l'oreillette et des ondulations com… qui leur font suite, la raison en est sans doute dan… tées nous ne pouvions explorer que l'extrémité inférie… de l'auricule droite.

§ III.

Étude des changements de volume du cœur.

J'indiquerai maintenant les résultats de l'exploration des changements de volume du cœur chez la femme de Colmar, en rappelant les points essentiels des recherches faites sur les animaux et développées dans le mémoire VIII.

Comparaison des procédés. — Pour étudier les changements du volume du cœur chez les animaux, j'ai utilisé la disposition naturelle qui fait de leur péricarde un appareil à déplacement. Un tube était fixé à la partie inférieure du sac péricardique dans lequel l'air se trouvait ainsi accidentellement introduit, et le tambour à levier mis en communication avec le tube péricardique, inscrivait très-rigoureusement toutes les augmentations diastoliques de volume et tous les resserrements systoliques du cœur.

Dans d'autres expériences, j'ouvrais largement le péricarde, j'en réséquais la partie inférieure et je coiffais, avec la partie supérieure faisant manchette, le rebord d'un petit bocal en verre soufflé dans lequel le cœur se trouvait ainsi enfermé. En liant autour du collet de ce bocal le péricarde rabattu sur lui on obtenait une cavité complétement close, à parois incompressibles et dans laquelle s'opéraient librement les augmentations et diminutions successives du volume du cœur. Au fond de ce nouvel appareil à déplacement était soudé un tube de verre recourbé que l'on mettait en communication avec un tambour à levier inscripteur.

C'est avec un procédé tout semblable que j'ai étudié les changements de volume du cœur chez la femme de Colmar. La masse ventriculaire faisant saillie à l'épigastre a été coiffée d'un entonnoir en verre dont les bords s'appliquaient exactement sur la peau, et dont le goulot aminci fut mis en continuité avec le tube de communication d'un tambour à levier inscripteur.

Un peu en dehors de la base de l'entonnoir était réservée

une petite surface de la portion ventriculaire sur laqu maintenait appliqué le bouton d'un explorateur de la tion.

De cette façon, les changements de volume des ventric les pulsations étaient explorés simultanément et inscr même temps, l'un au-dessus de l'autre, sur le cylindre gistreur.

Je me retrouvais par conséquent exactement dans les mes conditions que quand j'étudiais, sur l'animal à poit ouverte, les changements de volume et les pulsations cœur.

Les tracés obtenus sur la malade ont été de tous poi comparables à ceux qu'avait fournis la même exploration s les animaux.

Fig. 143. — Changements du volume du cœur (ligne V) pendant les périodes de diastole (D et de systole (S). Ligne P, pulsations ventriculaires recueillies simultanément sur l malade.

Fig. 144. — Changements du volume du cœur (ligne V) et pulsations (ligne P) chez le chien ; augmentation de volume diastolique (période D) et diminution systolique (période S).

Il sera facile de s'en assurer en comparant les deux figures 143 et 144.

La figure 143 a été obtenue sur la malade, la figure 144 sur le chien.

Sans revenir sur l'analyse détaillée des courbes des changements de volume du cœur, il est cependant indispensable d'en rappeler ici les points principaux :

1° Pendant la diastole les ventricules se remplissent en deux temps : une première réplétion graduelle commence au moment du relâchement ventriculaire et dure jusqu'à l'instant de la systole de l'oreillette; la réplétion se complète par l'ondée sanguine envoyée dans le ventricule par l'oreillette au moment de la systole auriculaire.

La réplétion diastolique tout entière est donc représentée, dans les courbes des changements de volume, par la portion D du schéma suivant, et correspond à la ligne légèrement oblique ascendante de la courbe des pulsations.



Fig. 145. — Schéma de l'opposition des courbes des pulsations du cœur (ligne supérieure), et des courbes des changements de volume (ligne inférieure) D, période de réplétion diastolique; S, période d'évacuation systolique.

Cette phase D (réplétion diastolique) se retrouve dans les

courbes des changements de volu
obtenues soit sur notre malade,

Quand la systole succède à la
laire durcit, change de forme en
buleuse et donne la pulsation pr
tion s'accuse sur nos tracés compa
courbe inférieure (fig. 143 et 144).
de la systole, les ventricules évacu
artères et diminuent par conséque
nution s'accuse, sur les courbes des
par la descente de la ligne; son pl
correspondant à une évacuation plu
décélée par la forme même de la co

Si, dans une série de révolutions ca
diastoliques et les évacuations systo
viennent à varier, l'amplitude plus gr
nonce un degré de réplétion ou d'évacu
et réciproquement.

C'est ce qu'il est facile de constater su
par le cœur du chien ; j'ai du reste insis
moire VIII) sur les conditions de ces
pareils changements ne se rencontrent po
fournies par notre malade, quoique nous l'
de manières différentes, quoiqu'elle ait fai
ration, de grands efforts d'inspiration et d'e

Je crois que la situation anormale de ce cœ
influences mécaniques du milieu thoracique,
ment en ligne de compte dans l'interprétatio
modifications que ces variations du rhythme
forcément subir à la fonction cardiaque dan
normales.

(1) Je ferai ici une remarque au sujet d'une particularité
courbes des changements du volume du cœur chez la malade
qu'au début de la systole ventriculaire, la portion du cœ
l'appareil semble encore augmenter de volume; mais ce n'es
rence, car, comme il est facile de le constater en examinant
du cœur, l'organe est projeté en avant au moment même de la
gage dans l'appareil à déplacement, et, y occupant un esp
continue alors à expulser de l'air alors que sa réplétion est complé
et que son évacuation commence.

En résumé, l'occasion qui m'a été offerte d'examiner, avec des procédés comparables à ceux dont j'avais fait usage sur les animaux, les changements du volume du cœur chez cette femme atteinte d'ectopie congénitale, me permet de confirmer l'opinion émise dans le Mémoire VIII *que les résultats obtenus sur le cœur des animaux sont directement applicables à l'homme.*

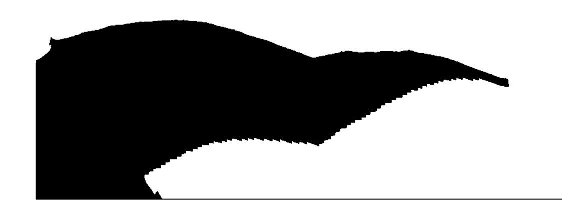
Comme complément à cet examen rapide des changements de volume du cœur chez notre malade, j'ajouterai quelques détails relatifs à la signification des *pulsations négatives.*

J'ai indiqué dans le dernier paragraphe de mon travail sur les changements du volume du cœur chez les animaux et chez l'homme (page 238) la signification de ces courbes renversées qu'on obtient en appliquant un explorateur des battements du cœur *au voisinage de la surface ventriculaire.* Les tracés ainsi obtenus sont l'expression, non plus des changements de consistance des ventricules au moment de la systole et de la diastole, mais des changements de volume du cœur. Ceci s'explique facilement, si l'on se rappelle qu'en diminuant de volume pendant leur systole, les ventricules créent autour d'eux, dans un rayon plus ou moins étendu, une véritable aspiration à laquelle obéissent, dans la mesure de leurs résistances propres, les différents tissus qui avoisinent le cœur. De là, une dépression de la peau de l'espace intercostal *en dehors de la pointe* du cœur, dépression qui, sur le tracé fourni par un explorateur appliqué à ce niveau, s'accuse par une ligne de descente.



Fig. 146. P N. Pulsations *négatives*, et pulsations positives P, P recueillies simultanément. Opposition des courbes des changements de volume P N et des changements de consistance P P.

Sur le tracé des pulsations simultanément recueillies au niveau de la pointe elle-même, cette ligne descendante correspond à une ligne de sens inverse. La première exprime la diminution de volume du cœur pendant son évacuation systolique ; la



seconde est due au durcissement ventriculair
même phase de la révolution cardiaque.

Or, chez la femme de Colmar il était facile
des pulsations négatives en appliquant sur la p
en dehors de la région occupée par le cœur, l
petit entonnoir en verre. Au moment de la systo
laire (évacuation, diminution de volume, aspir
contenu dans l'entonnoir était raréfié, et la plu
bour à levier conjugué avec la cavité de l'enton
une courbe descendante. C'est ce qu'on peut con
lement, à l'aide des repères, dans la figure 146 qui
qu'une série de pulsations négatives P. N. recueillies en m
série de pulsations positives P. P.

---

§ IV.

Note additionnelle. — Renseignements bibliograph sur les ectopies du cœur.

Les détails suivants m'ont paru offrir un certain
être présentés à la suite du fait dont je viens de donn
lyse physiologique. Ils sont extraits de l'atlas de För
na, 1861) ; j'ai choisi dans cet ouvrage que je dois
geance du professeur Balbiani, le type d'ectopie ca
qui se rapproche le plus du cas qu'il m'a été donné d'o

Développement incomplet du thorax.

A. *Förster*, p. 103 *et* 104. — « L'absence complète du thora
plus hauts degrés de formation vicieuse et de division médiane
rax se rencontrent chez les acéphales. Indépendamment de ces
déformation la plus importante du thorax consiste en une d
médiane de celui-ci, qui occupe, tantôt toute la longueur, tan
partie seulement de sa paroi. Elle résulte d'un défaut de réuni
parois viscérales latérales, arrêtées dans leur développement à

riode de l'évolution fœtale à laquelle le thorax, plus ou moins ouvert, montre encore le cœur à découvert.

« Souvent cette division du thorax coïncide avec celle de la moitié supérieure des parois abdominales s'étendant jusqu'à l'ombilic ou même jusqu'à la région pubienne, les parois abdominales ne s'étant pas complètement développées et n'ayant point clos la cavité abdominale. Dans ces cas, les viscères thoraciques et abdominaux sont d'ordinaire à découvert et prolabés. Dans d'autres cas, la division est limitée au thorax seul, et le cœur se trouve d'ordinaire placé hors la fente, déplacement qui est habituellement décrit comme *ectopie du cœur*. A des degrés moindres, une partie seulement du sternum est fendue et l'orifice se trouve fermé par une membrane résistante ne permettant la procidence d'aucun organe thoracique : *fissure sternale*. Nous rattachons à ces cas les fissures que l'on peut observer par *développement imparfait des côtes*.

« Quand la cage thoracique est ouverte avec procidence du cœur, — que celle-ci coexiste ou non avec la division abdominale, — on remarque au sternum et aux côtes les particularités suivantes. Quelquefois le sternum, complétement divisé en son milieu, est partagé en deux parties symétriques auxquelles viennent s'insérer les côtes : entre elles se trouve un intervalle plus ou moins étendu, dans lequel est logé le cœur (pl. XVIII, fig. 8).

« Dans d'autres cas, il n'existe qu'une moitié de sternum bien développée ou rudimentaire qui donne insertion aux côtes correspondantes ; l'autre moitié fait absolument défaut et les côtes de ce côté, privées de leurs cartilages ou de leurs moitiés antérieures restent flottantes. La fente thoracique est alors très-large et se continue généralement par une fente abdominale (fig. 2 et 3). Parfois aussi, le manubrium sternal est intact, le reste du sternum étant fendu ou manquant ; les cartilages des côtes se confondent alors et se tassent vers le manubrium (fig. 4).

« Dans les cas d'ouverture très-considérable de la cage thoracique, se prolongeant aux parois abdominales, les poumons conservent généralement leur position normale dans le thorax et ce n'est que très-rarement qu'on constate un déplacement partiel ou total de ces organes.

... (p. 183) « L'absence complète du diaphragme se rencontre chez des acéphales, dans des cas de divisions abdominales très-étendues et dans d'autres cas de monstruosité chez des sujets non viables.

« L'absence partielle du segment antérieur du diaphragme, avec procidence du cœur dans la cavité abdominale ou à l'extérieur, coïncide avec des cas de division abdominale très-prononcée, incompatibles avec la conservation de l'existence. (*Tel est cependant le cas de la femme de Colmar.*)

« Des fentes du diaphragme peuvent du reste exister chez des sujets bien constitués pour le reste et parfaitement viables ; elles peuvent entraîner l'entrée des viscères abdominaux dans la cavité thoracique, cons-

tituant ainsi la hernie congénitale d
matique). . . . .

« Dans quelques rares circonstance
d'ouverture proprement dite, mais l
places très-minces et dépressibles, et
intestins vers la cavité thoracique, un
même.

Voici la copie d'une figure de l'
proche le plus du cas que j'ai obs

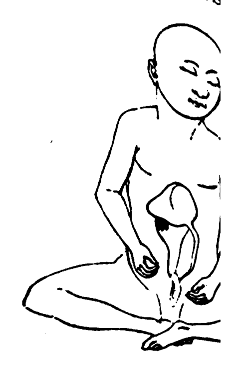


Fig. 147. — Ectopia cordis (Haan, de Ectopia cordi
d'anat. path. III. pl. 18, fig. 1). « Enfant nouveau-
tout à fait à découvert ; à sa partie supérieure,
qu en émergent ; en bas l'ectopie fait hernie da
part une bride qui se rend au cordon ombilical.

Je reçois, au moment de livrer ce
la note suivante de M. C. Dareste, à l'
eu recours pour avoir quelques déta

« L'existence du cœur dans la cavité ab
phragme, est un fait excessivement rare.
exemples dans le Traité de tératologie
Mais ce physiologiste n'a pu donner aucu
de production. Je suis exactement dans le n
embryogéniques et tératogéniques ont été
manquent de diaphragme. Il n'y a d'ailleu
indication sur la formation du diaphragme
mifères. Tout ce que nous pouvons dire act
mation du diaphragme est tardive. La caus
duit le fait en question a agi manifesteme
diaphragme s'est constitué au-dessus du cœ

J'ajouterai ici, à titre de simples r

graphiques, les indications suivantes des travaux les plus récents sur la question des ectopies et anomalies cardiaques :

Absence du péricarde, Lebec (*Bull. Soc. anat.*, 1874, p. 455).

Déplacements du cœur, M. Kelemen (*Pester med. chir. Presse*, 1875, n° 48).

Ectopie cardiaque thoracique, Desert (*Bull. Soc. anat.*, 1876, p. 587).

Fissure congénitale du sternum, Jahn (*Deutsche Arch. f. klin. med.*, 1876, XVIe vol.).

Ectopie du cœur. Quelques remarques au sujet du choc du cœur, Ganghofner (de Prague) (*Arch. f. Pædiatrik.*, 1876, Jahr. Band 11).

Ectopie cardiaque congénitale à droite, Mosler (*Deutsch. med. Wochens.*, 20, 1877).

XIV

NOTES SUR QUELQUES APPAREILS ET SUR QUELQUES PROCÉDÉS OPÉRATOIRES,

par le Dr FRANÇOIS-FRANCK.

Nous avons pensé qu'il pouvait être utile de réunir, dans un chapitre spécial, un certain nombre de détails techniques sur les appareils les plus usuels, et sur certains procédés de recherche employés dans le laboratoire du professeur Marey. Les renseignements qui n'ont pu être donnés dans les travaux qui font l'objet des mémoires contenus dans ce volume trouveront ainsi leur place, et nous pourrons examiner quelques appareils dont il n'a pas été question dans les pages qui précèdent. Nous passerons ainsi en revue les manomètres dont nous faisons usage, les canules trachéales, les appareils à circulation artificielle pour le cœur de la tortue, etc., en insistant sur leur mode d'emploi.

§ 1. — **Manomètres.**

M. Marey a développé l'année dernière (*Travaux du laboratoire*; *Mémoire sur la méthode graphique*) les raisons pour lesquelles il préfère aux manomètres à mercure les manomètres élastiques et a décrit le manomètre qu'il a adopté (t. II, p. 200). C'est la disposition de ce manomètre et son mode d'emploi que nous allons indiquer ici.

L'appareil se compose essentiellement (fig. 148) d'une capsule métallique anéroïde (*a*) à la cavité de laquelle la pression est transmise par le tube (*p*). La capsule étant placée dans une boîte en cuivre remplie d'eau, chaque augmentation de pression qui en écarte les deux

faces opposées produit l'ascension surmonte la caisse métallique; les transmises à distance par le tube à teur. Pour connaître à tout instant l indiquées par le manomètre métalliq nomètre à mercure (m) dont la colonn ment de liquide insignifiant.

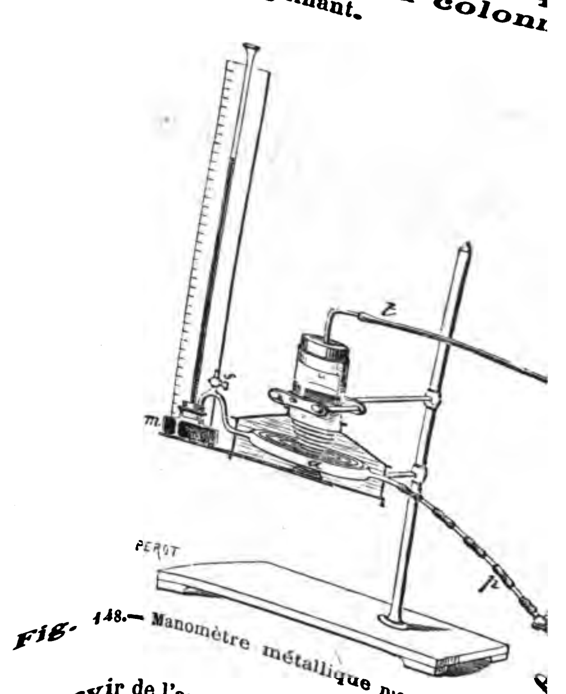


Fig. 148.— Manomètre métallique monté et prêt à

Pour se servir de l'appareil, on commence par le lution de carbonate de soude, en injectant le liquid robinet placé sur la branche de communication des d conjugués. Pendant que s'opère le remplissage, le tub l'air s'échappe par la canule qui le termine. L'air étant chassé, on ferme le robinet du tube qui porte la canu nue à pousser du carbonate de soude dans le manomètre sous pression. On sait, en effet, que cette précaution est pour éviter l'entrée du sang dans le tube de transmissio tarder la coagulation presque immédiate qui en serait la c Mais il faut régler autant que possible la charge du manom la pression artérielle de l'animal qu'on emploie : il est bon qu manométrique dépasse un peu le chiffre de la pression sang il est dangereux, surtout si l'on opère sur une carotide, que le m soit sous trop forte pression. Au moment où on établit la com

tion entre l'artère et le manomètre, le carbonate de soude pénètre dans le vaisseau, et s'il y est poussé trop fortement, il en résulte des accidents variables selon l'artère employée. Dans le bout central de la carotide, la pénétration du carbonate de soude peut tuer l'animal en quelques instants, probablement en arrivant jusqu'au cerveau par la carotide opposée, peut-être aussi en injectant le cœur lui-même par les coronaires. Si la fémorale a été mise en rapport avec le manomètre, au moment de l'ouverture du robinet, l'animal est pris de convulsions dans la patte correspondante, souvent dans les deux pattes postérieures, sous l'influence de l'arrivée du carbonate de soude dans les collatérales. Il pousse des cris, et si l'on ne fixe pas le membre, il peut arracher la canule ou faire tomber le manomètre. J'ai observé dernièrement de l'hématurie presque immédiatement après la pénétration du carbonate de soude sous trop forte pression dans le bout central de la fémorale chez un chien *non chloralisé;* je crois que cette hématurie peut être attribuée à la pénétration du carbonate de soude dans les artères rénales. Ces différents accidents sont à éviter, et, de plus, il n'est pas indifférent de mélanger au sang une certaine quantité de carbonate de soude. La contractilité vasculaire est en effet profondément modifiée à la suite de cette pénétration. Malheureusement nous ne pouvons savoir au juste à quel degré de pression nous devons soumettre le manomètre ; ce n'est que par approximation et en raison de la valeur ordinaire de la pression, que nous avons adopté pour la fémorale : 16 C.Hg., chez le chien, 8 C.Hg., chez le lapin; pour la carotide : 14 C.Hg., chez le chien, 7 C.Hg., chez le lapin.

Quand on opère sur le bout central de la carotide, il est bon de se prémunir contre une pénétration trop brusque en maintenant l'artère à demi-comprimée au-dessous de la canule au moment où on ouvre le robinet de communication; on peut encore appliquer le doigt sur le trajet de la carotide opposée, pour empêcher dans une certaine mesure l'entraînement du carbonate de soude par ce vaisseau.

Pendant longtemps nous avons eu à lutter contre le principal inconvénient de l'exploration de la pression artérielle, la formation de caillots dans la canule. Aujourd'hui, après bien des essais, nous sommes arrivés à obtenir, dans les circonstances les plus favorables, chez des animaux à jeun, *plusieurs heures* d'exploration consécutives sans formation de caillot.

Je crois que c'est à la forme des canules, à leur large calibre et à la présence d'une petite réserve de carbonate de soude dans l'ampoule qui existe sur leur trajet, qu'il faut attribuer ce bon résultat.

Ces canules sont en verre et doivent être très-soigneusement faites. Ce ne sont pas là de petits détails pour ceux qui font des expériences; aussi crois-je devoir insister sur les qualités d'une bonne canule.

L'orifice forme un biseau très-peu incliné, et les bords de ce biseau, après avoir été usés à la poudre d'émeri, sont légèrement passés à la flamme ; ils deviennent ainsi parfaitement unis, condition indispen-

sable pour éviter la formation rapide du caillot ... troduction de la canule dans la boutonnière f... d'introduire dans un vaisseau de petit calibre ... volumineuse. Ainsi, la plus petite des deux canu... plus haut est destinée à la carotide du lapin : el... limètres de calibre extérieur, au milieu de l'oliv... deux millimètres et demi, comme celle qui est in... destinées aux artères du chien ont un calibre ... j'ai figuré l'une des plus petites.

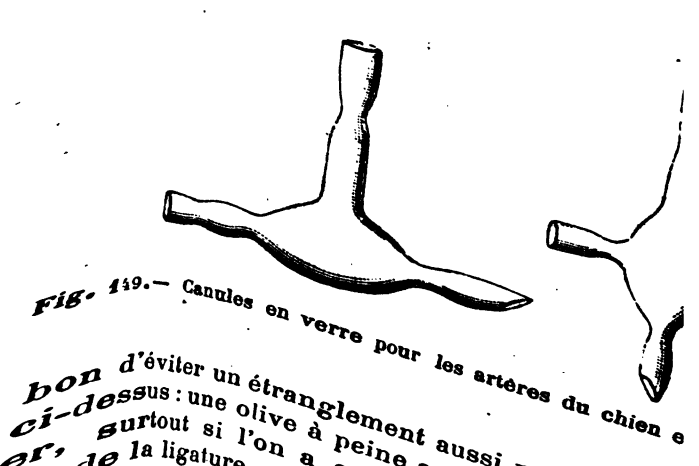


Fig. 149. — Canules en verre pour les artères du chien e...

Il est bon d'éviter un étranglement aussi marqué que ... canule ci-dessus : une olive à peine accusée suffit pour ... glisser, surtout si l'on a soin, ce qu'il faut toujou... fil de la ligature par un nœud autour de la bra... de la canule.

Au-dessus de l'olive qui est introduite dans l'artère, ... ampoule constituant une sorte de réservoir à carbonat... Pendant l'expérience, le sang monte jusque dans l'ampoul... lange avec le liquide alcalin ; si la pression baisse un pe... tère, une quantité de carbonate de soude, non mêlée de ... remplacer celle qui est entrée dans le vaisseau, et la coag... ainsi fort longtemps retardée. Cette ampoule a encore l'a... permettre à la transmission de la pression de s'opérer, malg... mation d'un caillot, du moins pendant un certain temps : la co... s'opère en effet dans les régions déclives de l'ampoule e... toujours un passage assez large pour que la pression arté... transmettre au manomètre. Du reste, on peut examiner la c... temps, et quand on voit que la coagulation commen... bon de suspendre un moment l'expérience pour chasser le cail... Cette petite opération se fait sans enlever la canule, et ne d... exiger plus d'une minute quand on en a pris l'habitude. Voic...

ment on opère. On pince l'artère au-dessous de la canule et on ouvre la branche verticale de l'ampoule qui est munie d'un tube en caoutchouc et qu'on a fermé avec une petite pince à pression. Le liquide du manomètre s'échappe par cette branche, entraînant avec lui le caillot qui était dans l'ampoule et au-dessus. On ferme alors le robinet placé sur le trajet du tube de transmission p (Voy. fig. 148) et on remet le manomètre sous pression par le tube de communication s. On fait ensuite sortir un jet de sang en lâchant l'artère, on nettoie ainsi la portion inférieure de la canule. Après avoir refermé la branche latérale de l'ampoule, on rétablit la communication entre le manomètre et l'artère. L'expérience recommence ainsi dans les mêmes conditions qu'au début.

J'ai insisté un peu longuement sur ce point tout spécial; mais je crois que les détails qui précèdent ont leur grande utilité.

Une dernière remarque relative au tube de transmission de la pression. Ce tube doit être court et large, à l'inverse de tous ceux que j'ai pu voir dans les laboratoires étrangers. M. Marey a insisté souvent sur les conditions d'une bonne transmission de la pression. Il recommande des tubes de fort calibre et aussi courts que possible. J'ai emprunté à l'excellent traité du professeur Sanderson (*Handbook*) les détails d'un tube à chaînette qui est représenté dans la figure 148; ce tube se compose d'une série de tubes de verre et de tubes de caoutchouc s'emboîtant les uns dans les autres et formant une chaîne creuse, souple, inextensible, pouvant prendre toutes les positions sans former de coudes (Voy. fig. 148).

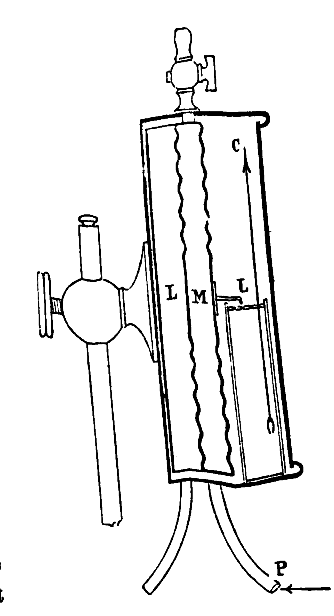


Fig. 150. — Manomètre à cadran et à transmission.

M. Tatin nous a construit dans ces derniers temps un manomètre métallique un peu différent de celui que nous venons de décrire, et dans lequel les valeurs absolues des pressions sont indiquées par une aiguille sur un cadran qui fait partie de l'instrument. Ce manomètre (fig. 150) a l'avantage de supprimer le mercure tout en fournissant les mêmes indications, puisque le cadran a été divisé en centimètres et demi-centimètres d'après un manomètre à mercure. La transmission du mouvement de la membrane anéroïde M à l'aiguille C s'opère au moyen d'un petit couteau coudé L qui fait tourner une hélice formant le pivot de l'aiguille. En même temps que l'aiguille marque les valeurs absolues des pressions, ces pressions

sont transmises à distance à un tambour à levier inscripteu[r] termédiaire d'une caisse à air comprise dans l'appareil. J'[ai] ce manomètre à la Société de biologie, dans la séance vembre 1877, en faisant ressortir sa grande commodité. ployons dans le laboratoire indifféremment cet appareil et j'ai décrit tout à l'heure. La figure 150 représente la disposit[ion] rale des pièces qui constituent le manomètre à cadran. On cette figure que la pression arrivant dans l'anéroïde par agit à la fois sur l'aiguille C et sur la caisse à air placée en la capsule métallique. Le robinet du haut sert au nettoyag[e] pareil.

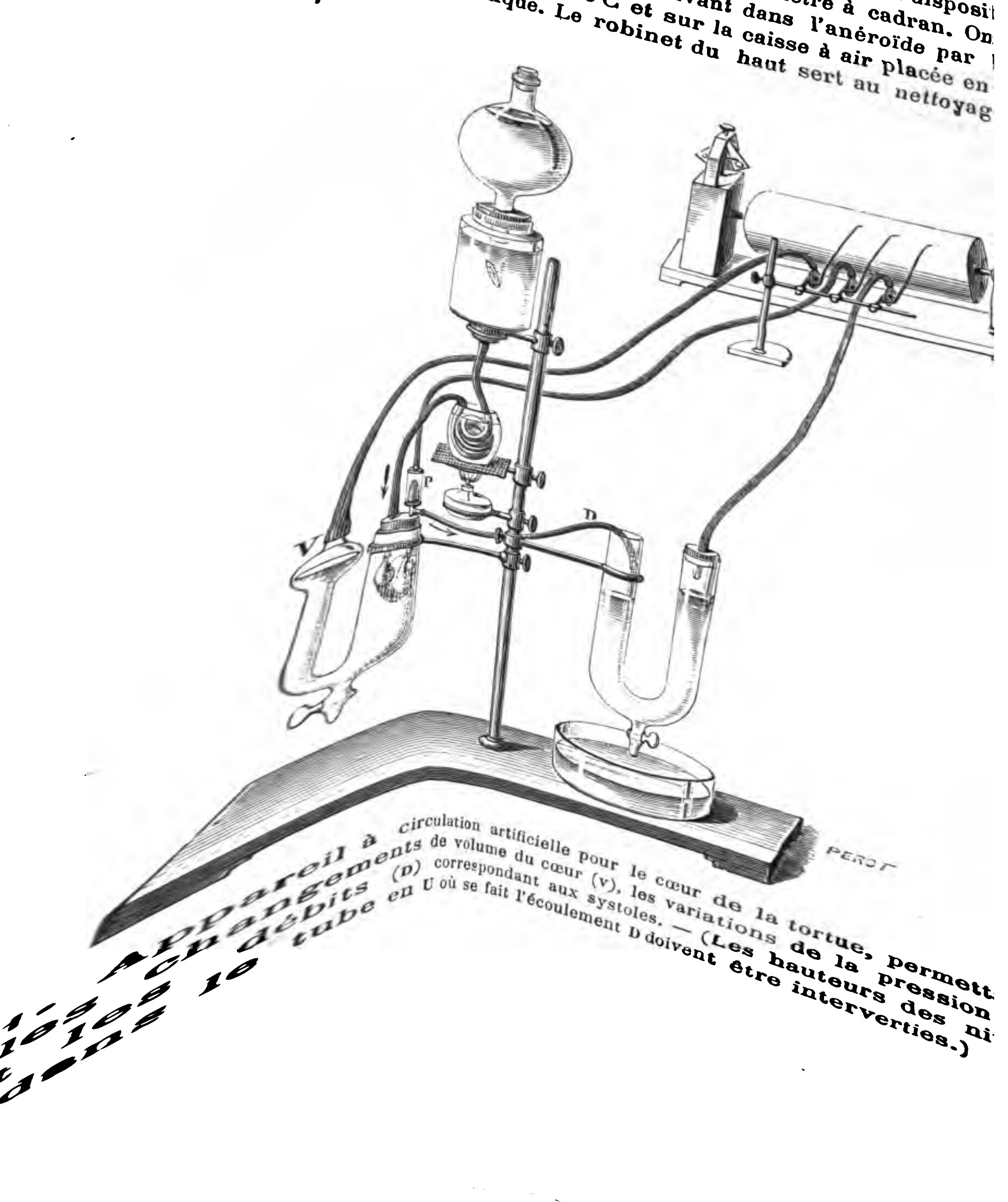


Fig. 151. — Appareil à circulation artificielle pour le cœur de la tortue, permett[ant d'étu]dier les changements de volume du cœur (v), les variations de la pression (P) et les débits (D) correspondant aux systoles. — (Les hauteurs des ni[veaux du] sang dans le tube en U où se fait l'écoulement D doivent être interverties.)

§ 2. — Appareil à circulation artificielle pour le cœur de la tortue.

Cet appareil, qui a été représenté dans le mémoire VIII, sur les changements de volume du cœur, est une modification de celui qu'employait M. Marey, et qu'on trouvera décrit dans le tome Ier de ces Comptes rendus, 1875.

Il suffit d'en rappeler ici le dessin (fig. 151) pour qu'on en saisisse la fonction.

Je ne reviendrai pas sur les détails que j'ai donnés à propos du mode de fonctionnement de l'appareil (v. p. 191); j'indiquerai seulement le procédé que nous employons pour établir le cours du sang défibriné dans le cœur.

On a préparé l'appareil au complet; le sang défibriné a été placé dans les vases supérieurs et on a chassé l'air du tube qui doit l'amener au cœur. Ce tube est pincé au-dessus du bouchon de caoutchouc du vase à déplacement, de telle sorte que, quand la canule veineuse sera en place, on n'aura qu'à la réunir au tube de l'appareil pour que le courant s'établisse à travers le cœur.

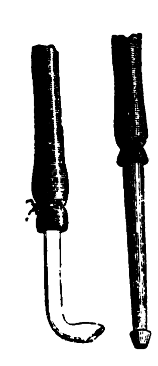


Fig. 152. Canules pour le cœur de la tortue.

Pour introduire la canule afférente, le moyen le plus avantageux me paraît être de laisser le cœur en place sur l'animal dont on a enlevé le plastron. En soulevant le ventricule, on voit à sa base un sinus veineux auquel aboutissent deux grosses veines. On passe un fil double en arrière du sinus veineux avec une aiguille de Deschamps; l'un des brins du fil est lié autour des deux veines afférentes, l'autre brin servira à fixer la canule dans le sinus veineux.

Cette canule, qui est représentée dans la figure ci-jointe, est en verre, recourbée à son extrémité inférieure, et offre à ce niveau un renflement qui permettra d'assurer la ligature. On remarquera que le biseau est placé de telle façon que quand le cœur sera enlevé, l'afflux du sang n'y sera pas interrompu par l'application de la paroi du sinus veineux sur l'orifice de la canule : cet orifice regardera toujours en bas et la paroi veineuse s'appuiera sur le rebord supérieur de la courbure. Pendant l'introduction de cette canule, il faut éviter l'entrée de l'air dans le cœur, aussi doit-on l'amorcer au préalable avec du sang défibriné, et n'ouvrir le tube qui la surmonte que quand on a établi la continuité entre la canule et le tube afférent de l'appareil.

L'introduction de la canule artérielle est beaucoup plus simple. On choisit le tronc aortique antérieur qui se présente au-dessus du cœur,



on l'isole avec précaution … une ligature indépendante. … antérieur, on pince la paroi … de ciseau, on laisse s'écoul… ter la coagulation. Par l'orifi… droite de la figure 152), qu'on … renflement qui la termine. Il f… l'extrémité de cette canule dan… qu'on créerait ainsi une insuffis… produit quelquefois dans nos ex… deux ans, M. Marey, examinant … lume du cœur ainsi préparé, anno… diastolique, qu'il devait y avoir u… en effet constaté.

Quand les canules ont été fixées, … le cœur tout entier, sans ménager le… à ne pas blesser les oreillettes.

On met la canu… tube afférent et … avec le tube d'éco… un sphygmoscope, … tique.

Le cœur se trouve … de caoutchouc du pet… volume, et on l'intro… rieure du bouchon da… le vase à déplacemen… cœur en place dans so… de volume.

Fig. 153. — Cœur dans l'appareil à déplacement.

Nous savons que cha… dant à une réplétion ve… d'une augmentation de vo… termine elle-même une élévation du niveau … poule annexée au bocal.

Chaque systole au contraire, chassant dans le … contenu dans le ventricule détermine une dimi… une descente du niveau de l'ampoule. (Pour le… moire VIII, chapitre II.)

Ce sont ces variations de niveau que nous trans… qui s'inscrivent sur le cylindre enregistreur à co… et pression et de débit. (Voy. fig. 98.)

A propos de l'inscription des débits, je ferai remarq… cédé indiqué dans la figure 151, n'est bon que pour de… courte durée ou qui peuvent être interrompues sans … faut en effet laisser de temps en temps écouler le sérum … dans lequel il est versé, et on doit alors suspendre…

Si nous voulons des indications continues des débits du cœur, il est préférable d'employer l'appareil à flotteur de M. Marey, qui est décrit dans son mémoire sur la méthode graphique (T. I, 1876, p. 261).

Quand la circulation artificielle est établie, on peut faire varier la température du sérum en chauffant graduellement le serpentin métallique placé sur son trajet. Ces chauffages doivent être ménagés et ne pas dépasser 30 à 33 degrés, car, au-dessus de ce chiffre, le cœur s'arrête ordinairement.

En élevant ou en abaissant le vase qui contient la provision de sang défibriné, on produit des charges variables; ce qui s'obtient encore en modifiant l'orifice du tube d'écoulement.

Il est facile de faire circuler certaines substances actives, des alcaloïdes en solution, en plaçant sur le trajet du tube afférent une branche collatérale munie d'un robinet, et en rapport avec un second vase de réserve placé à côté du premier. C'est ce qu'a fait Mosso dans ses expériences sur l'action du chloral sur le cœur de grenouille; nous avons repris ces expériences cette année sur le cœur de tortue. (*V.* Mémoire VI).

§ 3. — Canules pour la respiration artificielle.

La fixation des canules dans la trachée doit pouvoir être faite sans ligature de la trachée, à cause des troubles qui sont produits par la ligature des filets récurrents, etc. Il faut aussi pouvoir enlever et remettre en place la canule sans aucune difficulté.

La forme que représente la figure suivante répond bien à ces indications.

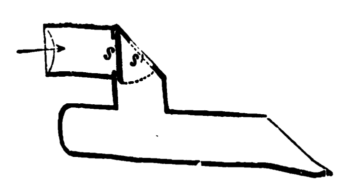


Fig. 154. — Canule trachéale, restant fixée sans ligature.

On introduit dans la boutonnière trachéale la partie de la canule taillée en biseau, en poussant cette partie du côté des bronches. Quand elle est complétement introduite, il suffit d'attirer en haut l'angle supérieur de l'incision trachéale pour faire pénétrer dans la trachée, du côté du larynx, l'extrémité supérieure, arrondie, de la canule. L'appareil reste ainsi en place et son pavillon fait saillie au dehors de la trachée. Cette première partie de la canule est représentée dans l'ouvrage de M. Cyon (*Methodik.* — *Atlas*, Taf. II, fig. 14).

Pour éviter la multiplicité des appareils, et pour pouvoir utiliser

cette canule aussi bien sur un an
animal auquel on pratique la respi
saillant de la canule trachéale d'un
frottement et peut être orienté à v
Au niveau du coude de ce pavillon
qui permet à l'air insufflé de pénét
et qui retombe ensuite par son pro
par l'action d'un faible ressort de rap
rant d'air, poussé vers la trachée, sou
la position S', en décrivant l'arc de ce
ligne pointillée. L'expiration se fait e
redevenu béant quand la soupape est
cette canule est construite, un appare
professeur Chauveau fait usage depuis
non sur la canule trachéale, mais sur le
est envoyé dans la trachée. Je crois qu'
différentes pièces sur la canule trachéale.
Quand on veut faire l'étude des gaz de
volumes d'air inspiré et expiré, en déterm
facile de substituer au pavillon à soupape, le
que montre la figure 155.

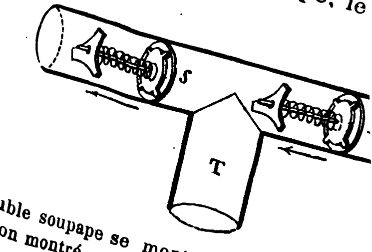


Fig. 155. — Tube à double soupape se montant sur la canule pavillon montré en place dans la figure précéd

Ces soupapes, construites par M. Tatin, font une cl
dans deux sens différents. Elles cèdent à la moind
pression, et n'apportent pas, par conséquent, de gêne a
la respiration de l'animal.
Au moment de l'inspiration, la diminution de pressi
à la face interne de la soupape A, permet à la pression a
de déprimer cette soupape, et l'air entre largement dans l
la largeur de l'espace réservé autour de la soupape.
Aussitôt que cesse l'inspiration, la soupape A se rem
poussée par le fin ressort-boudin en platine qui avait été
l'instant précédent. L'expiration se fait grâce à un mouveme
de la soupape S, dont le ressort antagoniste est aussi léger
sible.
Avec ce tube à double soupape, j'ai pu doser et analy
inspiré et expiré par les animaux dans des expériences sur l'ap

sont résumées dans le *Journal de l'anatomie* (novembre 1877) ; nous pouvons utiliser ce dispositif dans une foule de recherches qu'il est inutile d'indiquer ici.

Voici un autre modèle de canule trachéale qui se recommande par l'extrême commodité de son introduction, par la solidité de sa fixation et aussi par le peu d'étendue du contact des pièces métalliques avec la muqueuse. (fig. 156). Cette canule est une modification de la canule à double gouttière employée pour la trachéotomie des chevaux.

L'animal peut respirer à la fois par le larynx et par l'orifice trachéal, ce qui ne manque pas d'importance dans certaines expériences où le jeu de la glotte peut être modifié. Je crois même que pour la trachéotomie, chez les enfants, cette forme de canule pourrait rendre de grands services et cela à cause de la liberté respiratoire qu'elle permet, à cause de son nettoyage absolument simple et de la commodité avec laquelle on peut l'enlever et la remettre en place.

Cette canule ou plutôt cette plaque trachéale se compose d'une valve fixe (V.fig. 156) qu'on introduit dans la partie inférieure de la boutonnière trachéale ; cette plaque épouse la courbure du 1/3 antérieur de la trachée. Quand la partie V est introduite, on fait glisser vers le haut la plaque mobile V′ (ligne pointillée de la fig. 156) et cette plaque s'insinue en arrière du rebord supérieur de la boutonnière faite à la trachée. La virole du pavillon qui fait saillie au dehors sert d'épaulement aux anneaux cartilagineux qui se trouvent ainsi pincés ou plutôt limités en avant et en arrière par deux surfaces métalliques.

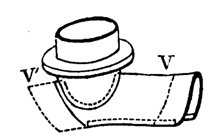


Fig. 156. — Plaque trachéale à glissière.

Le glissement de la valve V′ s'opère par l'orifice de la canule en accrochant avec un instrument quelconque, bistouri, sonde cannelée, etc., le bord libre de cette plaque et en le repoussant en haut pour fixer la canule, en l'attirant en bas pour l'enlever.

Le diamètre du tube saillant a été calculé pour qu'on pût fixer sur ce tube soit le pavillon à clapet de la figure 154, soit le tube à soupape de la figure 155.

§ 4. — Excitations électriques. — Excitateurs.

M. Marey a modifié cette année les appareils employés jusqu'ici pour les excitations des nerfs. Aux courants induits, il a substitué les décharges de condensateurs. Je n'entrerai point ici dans les détails de ces nouvelles dispositions : M. Boudet de Pâris, qui a commencé des recherches sur l'excitabilité nerveuse et musculaire, se chargera, l'année prochaine, en exposant les résultats de son travail, de décrire avec les développements nécessaires les appareils dont il a fait usage. Qu'il me suffise d'indiquer en peu de mots le procédé dans son ensemble.

Sur l'axe même du cylindre enregistreur est fix
qui engrène avec une autre roue montée sur un su
seconde roue porte une goupille qui, à chaque tour d
une tige de verre établissant la communication du
le nerf ou avec le muscle. La décharge est ainsi périodi
au nerf ou au muscle et le mouvement provoqué pa
s'inscrit sur le cylindre, à l'aide du myographe direct o
à transmission. (Voy. *pour les détails de la myographie*
graphes du Dict. Encyclop. des Sc. méd.) Si l'on ve
imbrication verticale des secousses musculaires, on
deux roues dentées ayant le même nombre de dents ; si,
c'est une imbrication oblique qu'on doit recueillir, la ro
commande les charges et décharges du condensateur po
de plus que la roue fixée au cylindre : de cette façon, à ch
cylindre, l'excitation arrive un peu en retard sur l'excitati
précédent, et, comme le chariot qui porte le myographe che
lèlement au cylindre, les secousses s'imbriquent obliquen
Marey, *Du mouvement dans les fonctions de la vie.* — Paris
Les condensateurs sont faits dans le laboratoire même en
sant un grand nombre de feuilles d'étain de 20 centimètres
isolées entre elles par des feuilles de taffetas gommé de m
seur : toutes les feuilles d'étain sont réunies de chaque côté

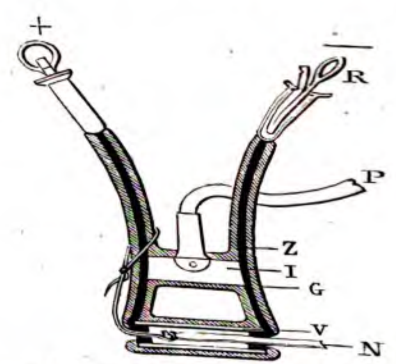


Fig. 157. Excitateur isolé. — P, tige en plomb fixée à une plaque d'ivoire I ; Z, tiges de zinc amalgamé formant conducteur ; V, tube de verre isolant les deux zincs ; G, gutta-percha isolant l'appareil ; N, nerf introduit dans le tube excitateur et ligaturé avec un fil. (Le fil doit toujours être introduit par le plus petit orifice avant la ligature du nerf : c'est par le glissement de ce fil dans l'anneau qu'on attire le nerf dans le tube).

prolongements métalliques qui constituent les faces opposées du condensateur. Ce condensateur se charge avec une pile Daniell composée d'un très-grand nombre de petits éléments de 8 centimètres de hauteur et de 4 centimètres de diamètre.

Comme excitateur nous employons un petit appareil (fig. 157) formé de deux anneaux de zinc amalgamés servant d'électrodes et isolés l'un de l'autre par un petit tube de verre. Le nerf est attiré dans la cavité du tube mi-partie en verre, mi-partie en métal et fixé avec le fil qui a servi à l'introduire dans le tube excitateur. On fait couler dans le tube une goutte de chlorure de sodium à 1/100, et la capillarité empêchant le liquide de s'écouler, le nerf reste ainsi à l'abri de la dessiccation, dans un liquide conservateur pendant toute la durée de l'expérience.

Je remplace souvent la solution de chlorure de sodium par un peu de kaolin pur mouillé avec la même solution : le nerf pénètre dans cette matière molle et s'y loge sans qu'on puisse craindre les tiraillements ou la dessiccation. Ce petit appareil, étant parfaitement isolé par une couche de gutta-percha, est abandonné dans le tissu et le contact du nerf se trouvant assuré par la disposition même de l'excitateur dans lequel le courant se recompose et par le liquide conducteur et par le nerf lui-même, on peut prolonger l'expérience sans aucune préoccupation de ce côté.



Fig. 158. — *g*, Gaîne métallique. *c*, Cliquet à ressort. *f*, fil conducteur.

M. Tatin, qui m'a construit ce nouvel excitateur, a imaginé un moyen très-ingénieux pour y fixer les fils conducteurs : il emploie pour cette fixation le ressort de bracelet et de collier connu sous le nom de cliquet et dont le dessin de la figure 158 suffit à rappeler la disposition. Ces contacts sont maintenant substitués dans le laboratoire à la plupart des tiges à frottement qu'une simple traction suffisait souvent à enlever de leurs gaînes : les défauts de contact accidentels sont ainsi évités, et avec l'excitateur qui assure les excitations des nerfs nous n'avons plus à nous préoccuper de ces petits accidents qui dérangent trop souvent les expériences.

§ 5. — Moyens de contention.

J'avais employé jusqu'ici des moyens de contention très-insuffisants pour des animaux dangereux, comme les chats et les rats d'égout. On fixait les animaux en leur passant un mors entre les dents après avoir engagé leur museau dans un anneau métallique ; ce mors s'attachait en arrière de la tête. C'était le moyen employé par M. Ranvier. Mais quelques accidents ayant montré l'insuffisance de ces moyens de contention, nous avons cherché avec M. Tatin des appareils plus sûrs. Voici le modèle que M. Tatin a construit avec son habileté ordinaire.

On comprend que le rat dont la tête est montrée dans la figure ci-

dessous, saisie entre un demi-anneau plat, incli point d'appui sur l'occipital, et un anneau complet qui s les maxillaires, ne peut exécuter aucun mouvement.

On incline la tête à volonté en desserrant la vis d'acier qui le cuivre de la boule introduite dans la presse.

Mais il est une précaution que je crois devoir recommand sistance quand on manie des animaux dangereux comme nos gout, qui arrivent quelquefois à la taille d'un jeune chat. C' prendre avec une longue Museux et de les glisser bocal où se trouve une ép bibée de chloroforme. On l que ensuite l'appareil en curité. Cette précaution est dans le laboratoire. J'ai vu un jeune garçon mourir d à la suite d'une morsure ce souvenir m'a rendu pru

Fig. 159. Appareil contentif pour le rat. Le même modèle sert à fixer la tête du chat.

Le même appareil, modifié, est excellent pour fixer le chat, quel il est bon d'user des mêmes précautions qu'avec le rat.

— Appareil explorateur des mouvements du cerveau chez l atteint de perte de substance des os du crâne. (*Voy.* Mém p. 138.)

— Procédé opératoire pour l'étude des changements de vol cœur par l'exploration intra-péricardique (*Voy.* Mémoire VIII,

— Procédé opératoire et appareil pour la compression et la tion du cerveau (*Voy.* Mémoire XII, p. 280.)

ERRATA.

Page 198 : Au lieu de « figure 99 », lisez « figure 100 ». — Au « figure 100 », lisez « figure 101 ».

Page 265, note 1, ligne 5, lisez « Landolt » au lieu de « Dan

TABLE DES FIGURES

APPAREILS.

TRACÉS.

Tracés de systoles avortées.

Tracés montrant l'addition des excitations dans les nerfs et dans les muscles.

Tracés montrant les effets de la compression du cœur sur les pulsations du cœur et sur la pression artérielle.

Tracés des troubles cardiaques produits par les injections intra-veineuses de chloral.



Tracés montrant l'influence des attitudes sur la circulation encéphalique.

Tracés montrant l'influence des variations de la pression intra-crânienne sur le rhythme des battements du cœur.

Tracés montrant l'influence du choc cérébral sur le rhythme des battements du cœur.

Tracés obtenus dans un cas d'ectopie congénitale du cœur.

TABLE ANALYTIQUE ET ALPHABÉTIQUE

DES MATIÈRES

A

D

E

I

M

P

R

S

T

V

Clichy. — Imprimerie PAUL DUPONT, rue du Bac-d'Asnières, 12. (1088, 1-8.

TABLE DES MÉMOIRES

CONTENUS DANS CE VOLUME.